

シティハイツ竹芝エレベーター事故調査に係る第4号機実験結果分析報告書 概要版
takram design engineering 080331

目次

1. はじめに	2
2. 主旨・概要	4
3. Fault Tree Analysis (FTA)	6
4. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)	7
5. 事故の前兆	8
6. 改善提案	9
7. まとめ	13

1. はじめに

本報告書は、2006 年 6 月 3 日に港区シティハイツ竹芝において起こったエレベータによる死亡事故をふまえ、貴区が同様な事故の再発防止を図るために行なっている調査の一環として、当社が貴区からの依頼を受け、貴区から依頼され、かつ許可された範囲および事項において、実施した調査・分析の結果を示すものである。

本調査には多くの制約条件がある。今回の調査では、現場検証などに基づく詳細情報がなく、現物の事故機を用いた検証もできず、その詳しい設計情報もない中で、事故機と同型の隣接機（以後 4 号機と言う）を用い、新聞記事および住民・事故当時の保守管理会社などの限られた情報源からの証言を参考に作業が進められた。一般的に、事故の調査では、現地を見て、現物を調べ、当事者および関係者に話を聞くことが必要不可欠だと考えられる。ここで、当事者や関係者の中には、被害者および同乗者や住民などの利用者、保守点検要員、設計者、製造者、施工者、管理者、所有者、救助隊員、警察が含まれる。しかし、本調査は現地で実験が行なわれたものの、事故機は警察の保管下にあり、調査が行なえなかった。また当事者や関係者と接触できたのが事故後 8 ヶ月以上経過してからであり、エレベータの設計者などからは全く情報収集ができなかった。このように十分な情報が入手できず、入手できた情報に関してもその正確さの検証が不可能であるという条件の下では、技術的に事故の厳密な再現は不可能であるため、本調査は事故そのものの原因を特定しうるものではなく、またそれを意図するものでもない。

関係者から提供された情報の真偽の判断は本調査の範囲外であり、本文中に特記した場合を除き、それらは正確であるという仮定で調査を行っている。

また、本報告書中、特定の者のなし得たことを想定・指摘している部分があるが、同人がそれらをしなかったことにつき、その者の過失を指摘するものではない。

調査の目的は、同型機の構造・構成から想定できる類似事故発生リスクおよびその仕組みを検証し、再発の防止に資する情報を提供することである。調査の一環として行なわれた実験の一部では、事故と類似した現象の再現を試みているが、それは事故の厳密な再現ではない。前述のような制約条件のために、そもそも厳密な再現が不可能なこともあるが、類似事故再発予防に資する情報

提供のために、事故時の推定範囲を超えた条件設定で幅広く調査を行なったことが主な理由である。よって、これらの実験結果を参照して事故について検討する場合、実験時に設定した条件が現実の事故とどう異なるのかについて、正確に理解する必要がある、そのような理解をせずに本書の実験結果を事故時の原因推定に使用することは避けるべきである。すなわち、本書の実験結果を直接的に事故原因と結びつけることは一切あってはならない。

本書は、本書記載の各実験について、記載された結果以外の結果が発生し得ない、あるいは本書以外の実験が、事故原因および事故再発予防の検討にあたって不要であるという意見を述べるものではない。

加えて、事故当時の保守点検会社からは、情報提供のほかに、実験におけるエレベータ操作・各種計測・一部データ分析などにつき、契約関係を持たずに協力があつたが、故意・過失の如何を問わず、保守点検会社から誤った情報が提供されている可能性や、実験で保守点検会社により誤った操作がなされた可能性は否定しきれない。かかる情報や操作の正確性の検証は、当社の業務の範囲外であり、情報や操作の正確性についても、それらに起因する誤った実験結果や解釈についても、本書の作成者は責任を負わない。

また、本報告書は、貴区による事故の調査のためにのみ用いられることを前提に作成されており、作成者は、貴区以外の第三者が本書に依拠した場合の如何なる結果にも責任を負わないものとする。

2. 主旨・概要

本報告書は、2006 年 6 月 3 日に港区シティハイツ竹芝において起こったエレベータによる死亡事故をふまえ、貴区が同様な事故の再発防止を図るために行なっている調査の一環として、当社が貴区からの依頼を受け、貴区から依頼され、許可された範囲および事項において、実施した調査・分析の結果を示すものである。本報告書作成に先立ち、事故の背景・経過を把握するための既存資料の調査が行なわれた。また、事故機と同型の 4 号機を用い、実験も行なわれた。本報告書では、それらの事前調査の結果をふまえ、事故の経過や原因としてどのような可能性があったのかを検証し、再発防止に向けた提言を行なっている。

まず、事故の原因を探るべく、Fault Tree Analysis(FTA)の手法を用いて分析し、検証した。ここでは、今回の事故の重大な要素として考えられる、エレベータの戸が開いたまま上昇したことの技術的な分析と、そもそもなぜ事故を未然に防げなかったのか、という2点について分析した。これらの分析では、事故の原因は明らかにはならなかった。現物を調べられないことや、エレベータの設計に関する詳細情報がないなど、調査の制約のためである。それらの情報が入手できれば、原因が明らかになることも、あるかもしれない。しかし、この分析で挙げられた原因事象は、それぞれが同様の事故につながる可能性を持っている。それらのひとつひとつを予防し、また早期に発見して対処することが、事故の再発防止につながる。

また、一部で事故の原因として有力視されているソレノイドコイルの層間短絡については、もしそれが発生した場合に何が起きるのかを調べるFailure Mode and Effects Analysis (FMEA)を行なった。層間短絡が起きた時には、その具合により、事故に至らず故障も顕在化しない場合と、事故に至る場合、そして、すぐに問題が発見されて点検修理が行なえ、事故に至らない場合が考えられた。

さらには、事故前に起きた不具合と事故との関連性について、事故の前兆があったのか否かについて考察を行なった。

これらの分析や考察の後には、今回の調査を踏まえ、安全性向上のための改善案を提案している。部品の設計・選定、デザイン、安全装置、情報の管理・

活用、保守点検の枠組み、などに関する改善案である。ここでは、現状のままでは危険だ、ということを主張しているのではない。改善の余地がある部分が見つかったので、それらをよりよくすることができるのではないか、という提案である。

なお、本報告書において、事故に関する情報については、2007 年 2 月 1 日から2008 年 2 月 29 日までの間に作成者が現実を取得した情報に基づいて作成されている。その後明らかになった情報については、本報告書による報告の範囲外である。

3. Fault Tree Analysis (FTA)

本報告書ではFault Tree Analysis (FTA)の手法を用いて分析を行なった。今回の事故の重大な要素として、エレベータの戸開上昇がある。この原因を、事故結果の事象から遡るようにして、一段階ずつあらゆる可能性を挙げて分析していき、それらを検証していった。本調査のFTA では、エレベータが戸の開いたままの状態の上昇したという現象の分析のほか、そもそもなぜ事故を予防できなかったのかということも扱った。結果としては、事故機そのものを調べることができず、また事故機に関する詳しい設計情報も得ることができなかったため、事故の原因を特定するために十分な分析・検証はできなかった。しかし、可能性の低いと思われる原因事象も含め、考えられる中で最大限の範囲について可能な限りくまなく検証を行なったことにより、今後の同様の事故再発防止に有用な知見を得ることができたのではないかとと思われる。その詳細の全てを概要版に記載することは困難であるため、本編を参照されたい。

4. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

FTA に続き、Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)の手法を用いての分析も行った。FTA が結果事象から原因に遡って分析していくのに対して、FMEA は全く逆で、ある原因要素をもとに引き起こされる結果事象を次々と検証していく。これは、ある故障を想定した上で、その先にどのような影響へと発展し得るかを調べる分析手法である。その分析結果を用いて、重大な影響を及ぼしかねない原因事象や、事象の展開経路を特定し、重点的に予防策を立てるために有効である。

具体的には、2007 年の夏に行われた実験の結果を基に、事故原因の推論のひとつであるソレノイドの層間短絡があった際に、どのようなことが起き得るのかを検証した。ソレノイドが何らかの理由で出力低下し、それがちょうどブレーキライニングがブレーキドラムから離れず、だからと言って運転に著しい支障が出るほど制動力もない状態になれば、ブレーキライニングの摩耗が生じ、今回のシナリオと同様に、エレベータが停止しているべき時に上昇する事故が起きることが考えられる。

ここで世間に知らしめるべき知見があるとするれば、それは、ソレノイドの故障モードとして、完全に機能しない状態だけでなく出力の低下も考慮する必要があるということである。もちろん、これは、エレベータのブレーキソレノイドに限らず、電磁コイルが用いられた全ての機器に関して応用できる知見である。さらには、電磁コイルと関係のない機器でも、一般的に、中途半端に作動するという故障モードを意識的に検討する必要があるのかもしれない。

なお、ここでは製造元のシンドラーエレベータ株式会社(本社東京都江東区、以下「シンドラー社」とする)がこのようなFMEA 的検討を行なわなかったと主張しているわけではない。

5. 事故の前兆

事故機の事故前の不具合記録と事故との関連性の検証を行った。

結果として、事故機もしくはその同型機及び類似機種において今回の事故の前兆となるような現象があったか否かは分からない。なぜなら、事故前には色々な不具合が起きているが、原因の特定に至っていない以上、それらと事故との具体的な関係は確認されていないからだ。また、発生した不具合の全てが記録に残っているとも考え難い。ただ、その中で、事故の約 1 年 7 ヶ月前にあたる2004 年 11 月 6 日には、ブレーキ異常の記録がある。このブレーキ異常に関しては、本調査で使用可能な詳細記録が残っていないので、そのブレーキ異常と事故との間に関連性があったかどうかについては、検証ができない。しかし、もしここで、ブレーキライニングの摩耗により、ソレノイドのコアがその本体奥まで押し込まれるなど、事故時と類似した状況につながりかねない現象が起きていたとすると、この時点での対応により事故を防ぐことができたかもしれない。もし、関連性が疑われるのであれば、この不具合の対処がどのように行なわれ、その事実が後の保守点検会社に、どのように引き継がれたのかが、事故の背景を調べる上で、重要な情報となり得るだろう。

6. 改善提案

(1) 制御系の誤作動の予防について

FTA の結果から、制御系の誤作動によって事故が起こり得ることが示された。制御系の誤作動は、ノイズによるものと、そうでないものに大別できる。

ノイズ耐性を上げるためには、電源の安定化や落雷への耐性向上に加え、信号線にシールドを施したりフィルタを装着したりすることや、接触不良を無くすためにハンダやコネクタの品質を確実にするなどの対策が考えられる。信号線を必要以上に長くしないことも、ノイズ耐性の向上に役立つだろう。また、ノイズに強い回路の設計や部品の採用も有効であり、さらにはノイズに強いプログラミングも効果的である。

ノイズによらない制御系の誤作動の対策としては、不良品を使わないようにすることに始まり、電源の安定化、コネクタの脱落防止、バグのないソフトウェアの作り込みなどが考えられる。特に、コネクタは脱落防止機能のついたものを使用すべきである。

(2) ソレノイドのストローク長について

事故機のブレーキソレノイドの定格ストロークは6.5mm である。しかし、本調査の実験時にシンドラー社から提供された予備のソレノイドを調べたところ、ある部品の組み付け位置によって、ストロークは4.45mm から6.85mm まで変化し得ることがわかった。ストロークが短くなれば、FMEA で行なったようなソレノイド出力低下の故障が起きた際には、より早く事故に達するだろう。このように、部品の組み付け位置によってブレーキライニングの摩耗による不具合発生までの時間が著しく短縮することは望ましくないので、そのような差異の発生しないような設計か、差異が出た時にはそのことが分かる設計が求められる。

(3) ソレノイドのブレーカについて

定格が1.8A であるソレノイドへの電源には、5A のブレーカが装着されている。ブレーカが、何を意図して装備されたものかにもよるが、部品の故障が事故へと発展することを予防するためには、対象の部品に適した、なるべく容量の低いブレーカを装備することが望まれる。

(4) ソレノイドストロークインジケータのデザインについて

実験に用いた4号機のブレーキシレノイドには、ライニングの摩耗によりソレノイドコアが作動限界に近づいた場合に、そのことを示すためのインジケータが装備されている。事故機でも同様のものが装備されていたと推測されるが、このインジケータの読み方は、実物のみを見たのでは、容易に推測できるものではないと思われる。インジケータボルトにも接続ピンにも、注意を引くための特殊な色や目盛りがついているわけではなく、特に接続ピンについては、ピンの本体側の端という部分に注目しなければならないが、そのことは説明書以外のどこにも明示されていない。このインジケータが正しく確認されるようになれば、今回のような事故が再発する可能性が下がることが考えられる。説明書を参照せずとも、実物を見れば危険が分かるようなインジケータのデザイン改善が望まれる。

(5) ソレノイドのストローク限界到達によるブレーキ無効化の対策の安全装置について

ライニングの摩耗により、ソレノイドコアが作動限界に近づいた場合に、そのことを検出して自動的に安全を確保するような装置は、事故機やその隣接機にはなかった。そのような安全装置がないと、危険の発見は人間による保守点検に頼ることになるが、それにはリスクが伴う。そのリスクを回避するためには、危険が近づいたらエレベータの運転を止めるなどの、何らかの安全装置が求められる。ソレノイドコアが作動限界に近づいていることは、リミットスイッチなどで簡単に検出することができるため、安全装置の構築は比較的容易である。

(6) 乗客がかご内で操作できる非常ブレーキについて

乗りものや工作機械など、大きなエネルギーをもって動くものには、非常用のブレーキや停止装置が装備されていることが多い。エレベータでも、機械室で電力供給を断てば、モータが止まり、ブレーキが閉じて、ブレーキが利く状態であれば、かごは停止するようになっている。しかし、かごの中にいる乗客は、エレベータが暴走した際に自らそれを止める手段を与えられていない。かご内に非常ブレーキを装備すれば、万が一の事故の際にも人命が失われずに済む可

能性が高まる。また、自らの命を守れる手段が与えられることにより、利用者もより安心してエレベータに乗れるようになるのではないだろうか。ただし、本件のように短時間のうちに挟まれてしまうような事故や、同じく短時間のうちに昇降路の端に衝突してしまうような事故については、操作が間に合わない可能性が高く、その効果は限定的になってしまう。

(7) エレベータの不具合情報の収集と活用について

エレベータの状態を把握するためには、保守点検作業の他に、利用者によって通報される不具合などの情報の収集と活用が、非常に重要である。積極的に情報を収集するためには、利用者が通報しやすいシステム作りが必要であり、また、その情報が実際に活用されることが重要である。具体的には、利用者からの通報を簡便化するだけでなく、寄せられた情報を公開することが考えられる。また情報を整理して活用し、かつ積極的に活用していることが分かるようにすることが大事だと思われる。

(8) エレベータ保守点検について

今回の事故をきっかけに、一部では独立系の保守点検会社の技術力不足やその安価さから作業の不徹底を疑う声があり、一方でメーカーから独立系業者への情報や部品などの提供渋りの問題を指摘する声もある。また、新旧業者間でのメンテナンス情報の引き渡しの難しさも指摘されている。

保守点検会社の選定には、年間の保守点検作業の価格の評価に加え、業者の技術力や、業者を変える際に生じるメンテナンス情報の引き渡し作業という業務負荷や、独立系の場合には、製品情報や交換部品ないしメンテナンス用の特殊機器へのアクセスの限界という特性を加味し、総合的な評価を行なうことが望ましい。

また、業者入れ替えおよび選定の方針に関しても、一定の改善が可能だと思われる。具体的には、例えば以下のような案が考えられる。(1) 不必要に業者の入れ替えを行なわない。(2) 入れ替えの際には、旧業者側に引き継ぎ業務を依頼し、必要ならばその作業量に応じた支払いも行なうことによって、確実に引き継ぎを行なわせる。(3) 不具合の多いエレベータは、メーカー系列に保守点検を担当させるか、独立系に任せるにしても、メーカーの補助を得易い体制を整える、もしくは、エレベータそのものの入れ替えや、大々的な修理を検討する。

さらには、以上とは全く異なる方式も考えられる。保守点検の業務をふたつに分割することである。ひとつは現場における業務。もうひとつは、情報管理である。現場においては、五感を活用して、実物のエレベータの健全さを点検し、潤滑や部品交換などの必要保守作業を行なう。情報管理では、対象エレベータ単体の不具合情報やメンテナンス記録を管理し、事故の前兆を捉え易くすることにより、その予防を図る。

なお、以上は、本件の 5 号機の保守業者が実際に行った保守の適否について意見を述べるものではない。

7. まとめ

本調査は、2006 年 6 月 3 日に港区シティハイツ竹芝において起こったエレベータによる死亡事故をふまえ、事故の再発防止に資する分析の提供を目的として行ったものである。ここでは、事故原因の究明を通して、再発防止に関する有益な分析の展開を行なった。原因の解明には至らなかったが、再発防止のためのいくつかの提案を行なった。将来的には、再発防止活動のために原因究明ができるような社会的環境が整うことが期待される。これらのことについて以下に述べる。

まず、本調査では事故原因の解明には至らなかった。ただ、原因として様々な可能性を挙げ、それらについて検討した。一般的に原因究明に不可欠である現地、現物、当事者および関係者のうち、本調査では現物と当事者および関係者については十分に調査が行なえなかったため、原因の解明ができなかった。ここで、当事者や関係者の中には、被害者および同乗者や住民などの利用者、保守点検要員、設計者、製造者、施工者、管理者、所有者、救助隊員、警察が含まれる。

原因が解明されなかったため、直接的に再発を防止するような対策は立てられない。一方で、原因の候補が挙がっており、また途中の経過現象についても一定の推測がついている。これらの発生や進行を抑えて、類似する事故を減らすことはできそうである。その具体案として、設計プロセス、設計内容、非常用装置、情報システム、保守点検などについて改善案を提案した。

しかし、やはり事故の原因が解明されないままでは安心できない。事故の再発防止のためには原因の解明が必要不可欠であり、その調査のためには現地、現物、当事者および関係者へのアクセスが欠かせない。しかし、現状では現物や当事者および関係者に十分にアクセスできるのは警察のみであるため、ほかのだれも満足のいく再発防止活動は行えない。また、今回のような工業製品関連の事故では、当事者である設計製造者の協力が特に重要になるが、刑事責任がからむような事故では現実的に設計製造者も慎重にならざるをえないため、実際には協力を得ることは非常に困難である。これは、必ずしも設計製造者が再発防止をおろそかに考えているというわけではなく、社会のシステムとして協力がしにくくなっているという面もある。重大な航空事故および鉄道事故に対しては、特別な権限を与えられた航空・鉄道事故調査委員会による調査が行

われることがあるが、例えば今回の事故のような工業製品による重大事故に関しても、同様に特別な権限を持って調査が行えるような制度の整備が有効だと思われる。

以上で述べたように、きちんとした再発防止をするには、そのための原因究明活動が行える社会的な環境整備が必要である。そのような社会環境の整備なくして満足いく事故再発防止は不可能である。具体的には、責任追及をする警察とは独立した立場で、再発防止のための調査を行う活動の価値を社会的に認め、それを行う者に現地、現物、当事者および関係者へのアクセス権限を与えることがひとつである。また今回のような工業製品関連の事故では、当事者である設計製造者の協力が得られるように、再発防止活動を奨励するような制度の整備と、そのことに理解を示す社会的な風潮も不可欠だろう。

シティハイツ竹芝エレベーター事故調査に係る第4号機実験結果分析報告書
takram design engineering 080331

目 次

1 . はじめに	3
2 . 主旨・概要	5
3 . 構造解説	7
エレベータの概要	8
ブレーキ構造解説	11
4 . 事故経過	15
5 . F T A 分析	17
FTA 分析手法	18
FTA 資料の読み方	19
00 エレベータの戸開上昇事故の発生	20
01 戸開上昇	22
02 戸開 active 上昇	24
03 ノイズによる制御系の誤作動	34
04 ノイズによらない制御系の誤作動	42
05 戸開 passive 上昇	46
06 ブレーキ利かず	50
07 締付力の不足による摩擦力の低下	55
08 ブレーキライニング摩耗	59
09 地絡	65
10 線間短絡・層間短絡	70
11 絶縁皮膜の経年劣化、および使用を経ての損傷など	75
12 戸開上昇を未然に防げなかった	80
13 保守点検による事故予防が成功しなかった	84
14 点検時以前に異常が発生していたが発見できず	87
FTA 結論	91

6 . F M E A 分 析	93
FMEA 分析手法.....	94
ソレノイド層間短絡後のシナリオ.....	96
FMEA 結論.....	101
7 . 事故の前兆としての不具合記録の検証.....	102
8 . 改善提案.....	112
改善提案について.....	113
制御系の誤作動の予防について.....	114
ソレノイドのストローク長について.....	115
ソレノイドのブレーカについて.....	117
ソレノイドストロークインジケータのデザインについて.....	118
ソレノイドのストローク限界到達によるブレーキ無効化の対策の安全装置について.....	120
乗客がかご内で操作できる非常ブレーキについて.....	121
エレベータの不具合情報の収集と活用について.....	122
エレベータ保守点検について.....	124
改善提案についての結論.....	127
9 . ま と め.....	128
1 0 . 参 考 書 籍 リ ス ト.....	130
1 1 . 参 考 資 料 リ ス ト.....	131
1 2 . 付 録.....	133

1. はじめに

本報告書は、2006 年 6 月 3 日に港区シティハイツ竹芝において起こったエレベータによる死亡事故をふまえ、貴区が同様な事故の再発防止を図るために行なっている調査の一環として、当社が貴区からの依頼を受け、貴区から依頼され、かつ許可された範囲および事項において、実施した調査・分析の結果を示すものである。

本調査には多くの制約条件がある。今回の調査では、現場検証などに基づく詳細情報がなく、現物の事故機を用いた検証もできず、その詳しい設計情報もない中で、事故機と同型の隣接機（以後4 号機と言う）を用い、新聞記事および住民・事故当時の保守管理会社などの限られた情報源からの証言を参考に作業が進められた。一般的に、事故の調査では、現地を見て、現物を調べ、当事者および関係者に話を聞くことが必要不可欠だと考えられる。ここで、当事者や関係者の中には、被害者および同乗者や住民などの利用者、保守点検要員、設計者、製造者、施工者、管理者、所有者、救助隊員、警察が含まれる。しかし、本調査は現地で実験が行なわれたものの、事故機は警察の保管下にあり、調査が行なえなかった。また当事者や関係者と接触できたのが事故後8 ヶ月以上経過してからであり、エレベータの設計者などからは全く情報収集ができなかった。このように十分な情報が入手できず、入手できた情報に関してもその正確さの検証が不可能であるという条件の下では、技術的に事故の厳密な再現は不可能であるため、本調査は事故そのものの原因を特定しうるものではなく、またそれを意図するものでもない。

関係者から提供された情報の真偽の判断は本調査の範囲外であり、本文中に特記した場合を除き、それらは正確であるという仮定で調査を行っている。

また、本報告書中、特定の者のなし得たことを想定・指摘している部分があるが、同人がそれらをしなかったことにつき、その者の過失を指摘するものではない。

調査の目的は、同型機の構造・構成から想定できる類似事故発生リスクおよびその仕組みを検証し、再発の防止に資する情報を提供することである。調査の一環として行なわれた実験の一部では、事故と類似した現象の再現を試みているが、それは事故の厳密な再現ではない。前述のような制約条件のために、そもそも厳密な再現が不可能なこともあるが、類似事故再発予防に資する情報

提供のために、事故時の推定範囲を超えた条件設定で幅広く調査を行なったことが主な理由である。よって、これらの実験結果を参照して事故について検討する場合、実験時に設定した条件が現実の事故とどう異なるのかについて、正確に理解する必要がある、そのような理解をせずに本書の実験結果を事故時の原因推定に使用することは避けるべきである。すなわち、本書の実験結果を直接的に事故原因と結びつけることは一切あってはならない。

本書は、本書記載の各実験について、記載された結果以外の結果が発生し得ない、あるいは本書以外の実験が、事故原因および事故再発予防の検討にあたって不要であるという意見を述べるものではない。

加えて、事故当時の保守点検会社からは、情報提供のほかに、実験におけるエレベータ操作・各種計測・一部データ分析などにつき、契約関係を持たずに協力があつたが、故意・過失の如何を問わず、保守点検会社から誤った情報が提供されている可能性や、実験で保守点検会社により誤った操作がなされた可能性は否定しきれない。かかる情報や操作の正確性の検証は、当社の業務の範囲外であり、情報や操作の正確性についても、それらに起因する誤った実験結果や解釈についても、本書の作成者は責任を負わない。

また、本報告書は、貴区による事故の調査のためにのみ用いられることを前提に作成されており、作成者は、貴区以外の第三者が本書に依拠した場合の如何なる結果にも責任を負わないものとする。

2. 主旨・概要

本報告書は、2006 年 6 月 3 日に港区シティハイツ竹芝において起こったエレベータによる死亡事故をふまえ、貴区が同様な事故の再発防止を図るために行なっている調査の一環として、当社が貴区からの依頼を受け、貴区から依頼され、許可された範囲および事項において、実施した調査・分析の結果を示すものである。本報告書作成に先立ち、事故の背景・経過を把握するための既存資料の調査が行なわれた。また、事故機と同型の 4 号機を用い、実験も行なわれた。本報告書では、それらの事前調査の結果をふまえ、事故の経過や原因としてどのような可能性があったのかを検証し、再発防止に向けた提言を行なっている。

冒頭には、事故機エレベータの構造と、本調査のきっかけとなった事故の経過が示されている。次に、その原因を探るべく、Fault Tree Analysis (FTA)の手法を用いて分析し、検証した。ここでは、今回の事故の重大な要素として考えられる、エレベータの戸が開いたまま上昇したことの技術的な分析と、そもそもなぜ事故を未然に防げなかったのか、という2点について分析した。これらの分析では、事故の原因は明らかにはならなかった。現物を調べられないことや、エレベータの設計に関する詳細情報がないなど、調査の制約のためである。それらの情報が入手できれば、原因が明らかになることも、あるかもしれない。しかし、この分析で挙げられた原因事象は、それぞれが同様の事故につながる可能性を持っている。それらのひとつひとつを予防し、また早期に発見して対処をすることが、事故の再発防止につながる。

また、一部で事故の原因として有力視されているソレノイドコイルの層間短絡については、もしそれが発生した場合に何が起きるのかを調べるFailure Mode and Effects Analysis (FMEA)を行なった。層間短絡が起きた時には、その具合により、事故に至らず故障も顕在化しない場合と、事故に至る場合、そして、すぐに問題が発見されて点検修理が行なえ、事故に至らない場合が考えられた。

さらには、事故前に起きた不具合と事故との関連性について、事故の前兆があったのか否かについて考察を行なった。

これらの分析や考察の後には、今回の調査を踏まえ、安全性向上のための改善案を提案している。部品の設計・選定、デザイン、安全装置、情報の管理・活用、保守点検の枠組み、などに関しての改善案である。ここでは、現状のま

までは危険だ、ということを主張しているのではない。改善の余地がある部分が見つかったので、それらをよりよくすることができるのではないか、という提案である。

なお、本報告書において、事故に関する情報については、2007 年 2 月 1 日から2008 年 2 月 29 日までの間に作成者が現実を取得した情報に基づいて作成されている。その後明らかになった情報については、本報告書による報告の範囲外である。

3. 構造解説

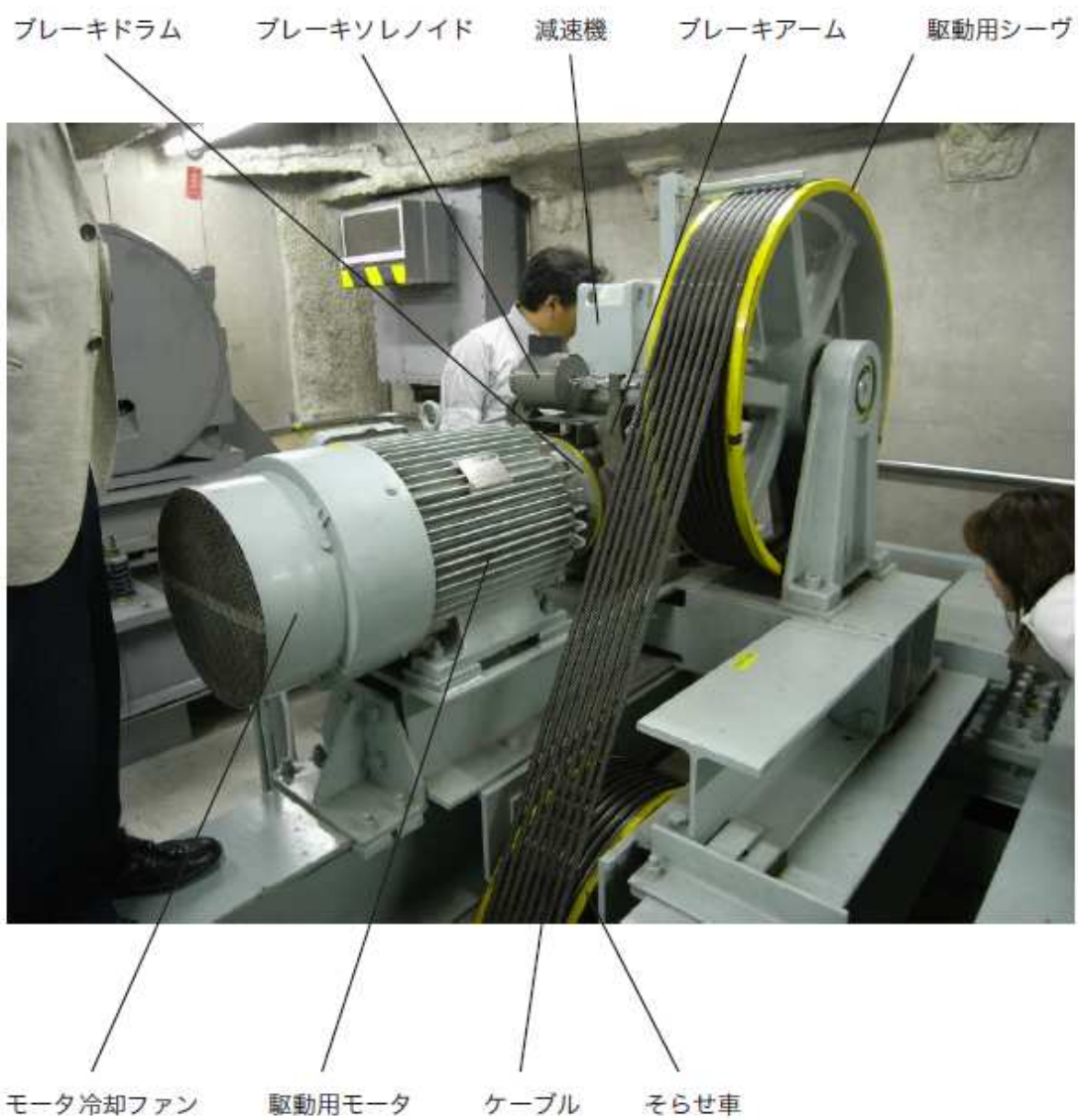
分析の基礎情報として、エレベータの構造について記述する。

エレベータの概要

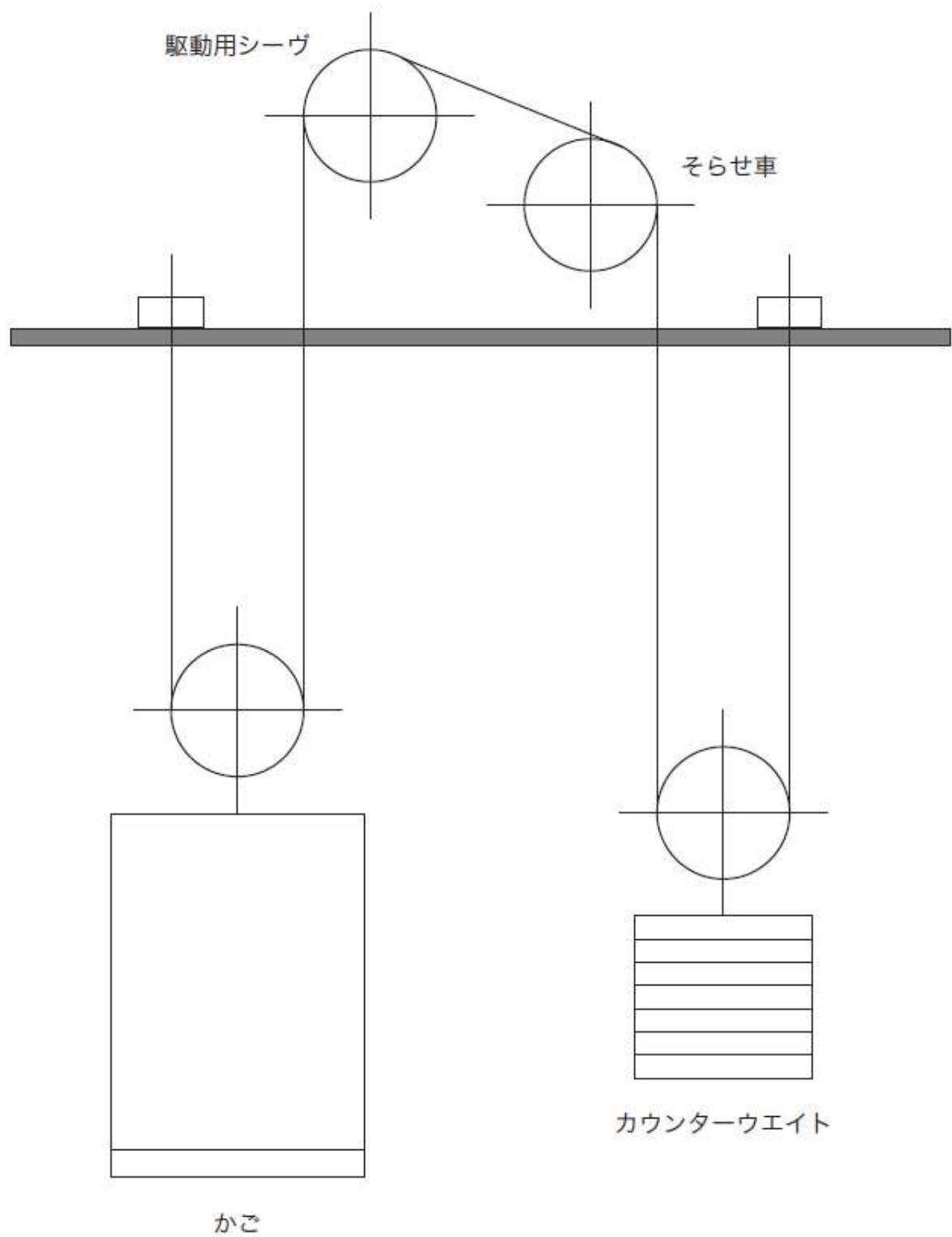
製造会社	シンドラエレベータ株式会社
所在地	港区芝一丁目8 番23 号シティハイツ竹芝 1998 年3 月竣工
構造方式	ロープ式交流高速エレベータ
駆動方式	トラクション式
ローピング方式	2:1 ローピング(p10 の図参照)
モータ出力	30kW
減速方式	W-250 形ウォームギヤ式減速機 減速比3:52 1997 年6 月製造
制動方式	ドラムブレーキ式
区分	非常用エレベータ
定員	28 人
最大積載荷重	1,850kg
最大速度	105m/min
停止階	25 階床(地下2 階23 階)
かご内側サイズ	幅1,800mm 奥行き2,150mm 高さ2,300mm
乗り場側ドア枠サイズ	幅1,000mm 高さ2,100mm
かご質量	2,100kg
カウンターウェイト質量	3,025kg

以上の情報は、平成18 年8 月14 日付けの港区シティハイツ竹芝事故調査委員会のシティハイツ竹芝エレベーター事故調査中間報告書(第1 次)(以下「港区事故調査委員会の第1 次中間報告書」とする)と、シンドラエレベータ株式会社(本社東京都江東区、以下「シンドラ社」とする)からの提供情報、および事故現場での同型機である4 号機の調査に基づいている。

機械室内の写真および2:1 ローピングの図を次に示す。



機械室内の写真



2 : 1 ローピング

ブレーキ構造解説

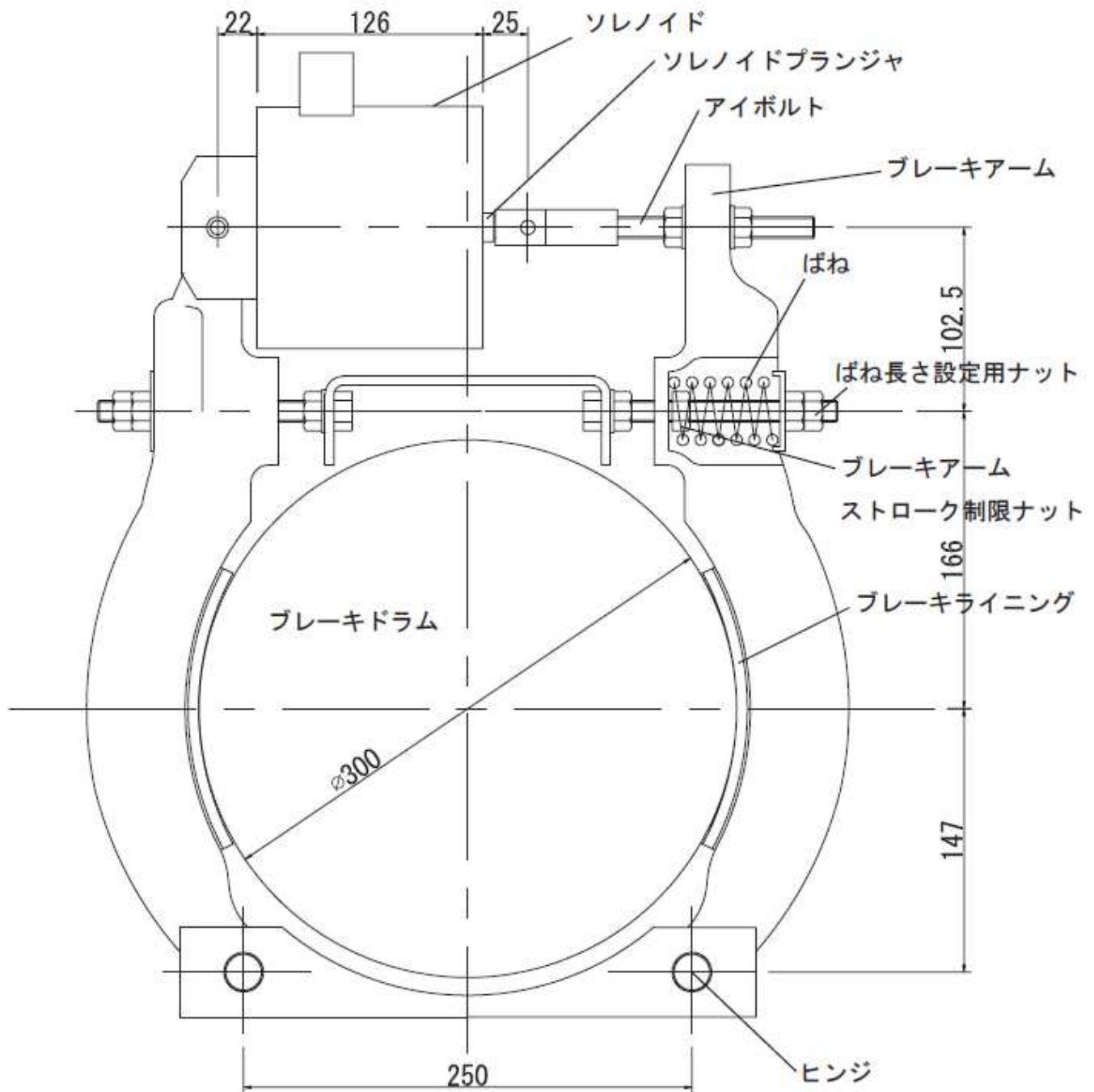
一般的に、エレベータのブレーキは動いているエレベータを減速させるための装置ではない。エレベータの減速はモータによってなされる。ブレーキは、停止しているエレベータを動かないように固定しておくためのものである。

エレベータの停止中には、かご側とカウンターウェイトの質量差や乗客の動きなどにより、駆動用のシーヴにトルク（回転する力）がかかる。このトルクを支えるのは、ブレーキの摩擦力である。ただし、停止中にも床位置合わせのフィードバックがかかっているエレベータではこの限りではないが、事故機にはその機能はなかった。また、ブレーキが開閉するタイミングに合わせて、モータが停止位置保持のためのトルクを供給することはある。

ブレーキにはドラムブレーキ式とディスクブレーキ式がある。ドラムブレーキ式は、駆動用の回転軸をブレーキアームに取り付けられたブレーキライニングで外側から中心方向に挟み込むことによって、回転を抑制する。ディスクブレーキでは、自動車やオートバイに用いられるディスクブレーキと同様に、駆動用シーヴと共に回るディスク（円盤）をブレーキパッドで厚さ方向に挟み込むことにより、回転を抑制する。事故機はドラムブレーキ式である。どちらの方式でも、ブレーキライニングもしくはパッドの押し付け力はバネによって与えられるため、電力供給が切れた時でも効果を保つフェイルセーフシステムとなっている。フェイルセーフシステムとは、ある程度の不具合があっても正常に、もしくは安全に作動するようになっているようなシステムである。エレベータが上下する際には、バネで押し付けられているブレーキライニングもしくはパッドは、ソレノイドと呼ばれる電磁コイルを含む電磁機器（アクチュエータ）で押し広げられる。

なお、何らかの不具合があった場合には、エレベータは停止することで安全を確保するので、そこではブレーキの信頼性が要になる。

ブレーキユニットの構造を示す図、ソレノイドの水平面断面図、そしてソレノイドの回路図を次に示す。

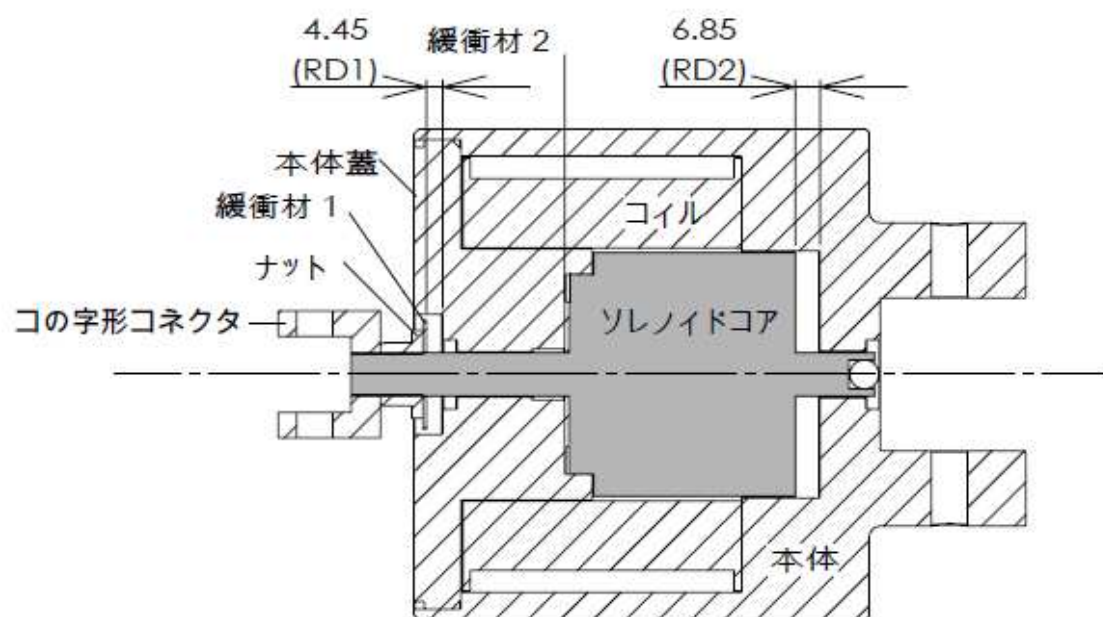


ブレーキユニットの構造

(P119 の写真を参照)

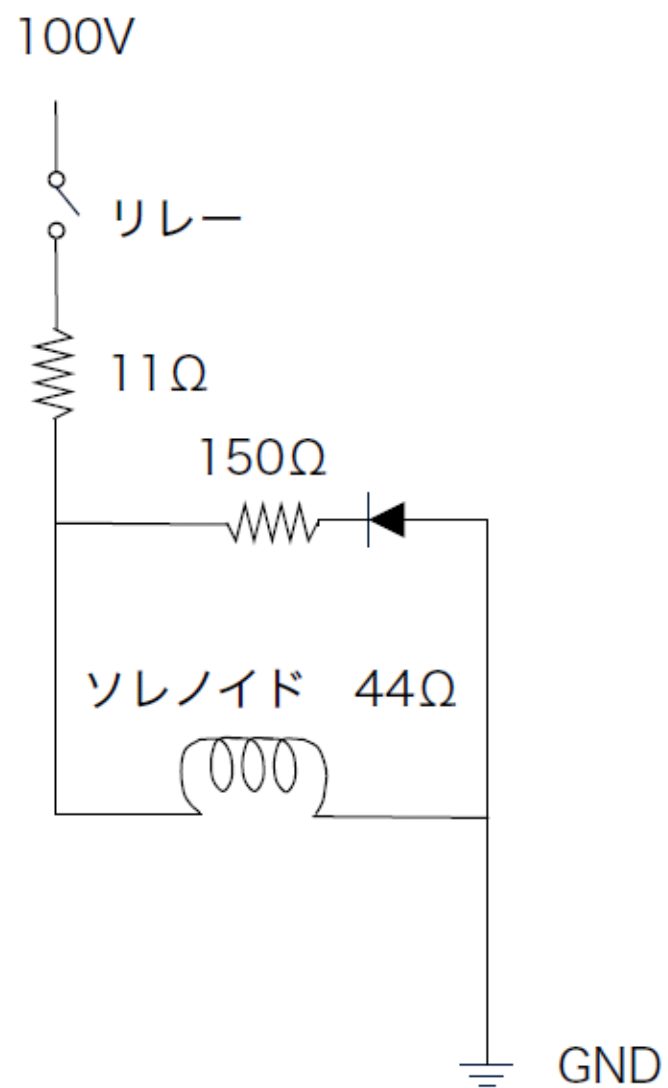
図面提供：エス・イー・シーエレベーター株式会社

部品名称記入：takram design engineering



ソレノイド水平断面図

注：この図は前ページの図とは左右が逆になっている。



ソレノイド回路図

4. 事故経過

分析のもうひとつの基礎情報として、事故の経過について記述する。

事故経過についての前提事実

事故当日の経過概要は以下の通りであると仮定し、本報告の前提とする。なお、前提の基礎となった事故経過の詳細情報は、本調査で行なった聴取における同乗者の証言と、港区事故調査委員会の第1次中間報告書、および2006年6月5日付の毎日新聞に基づく。

日時：2006年6月3日（土曜日）19時20分頃

場所：東京都港区芝一丁目8番23号シティハイツ竹芝

当事者：被害者（一名）12階に居住

同乗者（一名）12階より上の階に居住

- ・ 1階から被害者と同乗者が、5号機エレベータに乗り込む。
- ・ エレベータが上昇し、12階に到着する。
- ・ エレベータのドアが開く。
- ・ 被害者が、エレベータから出ようとする。
- ・ 急にエレベータが上昇する。
- ・ 被害者がエレベータ床と乗り場の上枠に挟まれる。
- ・ 同乗者が非常ボタンを押し、非常用通報装置を通じて救助を求める。
- ・ その後、救助隊が到着し、作業を経て、被害者が12階から救出される。事故発生約40分後。
- ・ 同乗者が13階から救出される。
- ・ 上部機械室でエレベータ装置の電源が切られる。
- ・ エレベータかごが昇降路最上部まで上昇。釣り合い重りは最下部まで下降。激音とともに停止。

5. FTA 分析

事故原因を調べるために行ったFTA について記述する。

FTA 分析手法

今回の事故の重大な要素として、エレベータの戸開上昇がある。この原因を、事故結果の事象から遡るようにして、一段階ずつあらゆる可能性を挙げて分析していき、それらを検証していく。分析には、その段階を樹木状の図に整理していくFault Tree Analysis (FTA)という手法を用いる。

FTA で分析を行なうと、事故の原因となりえた原因事象が段階ごとに階層的に列挙できる。それらについて事故機の設計、使用状況、設置環境、不具合、事故の同型隣接機(4号機)を用いた実験の結果などの諸情報を用い、様々な角度から検証を行ない、事故との関連性を調べる。本調査では、事故機を調べることができず、また事故機に関する詳しい設計情報も得ることができなかったため、事故の原因を特定するために十分な分析・検証はできない。しかし、可能性の低いと思われる原因事象も含め、考えられる中で最大限の範囲について可能な限り網羅して検証を行なっている。

また、本調査のFTA では、エレベータが戸の開いたままの状態で上昇したという現象の分析だけではなく、なぜ事故を予防できなかったのかということも扱っている。

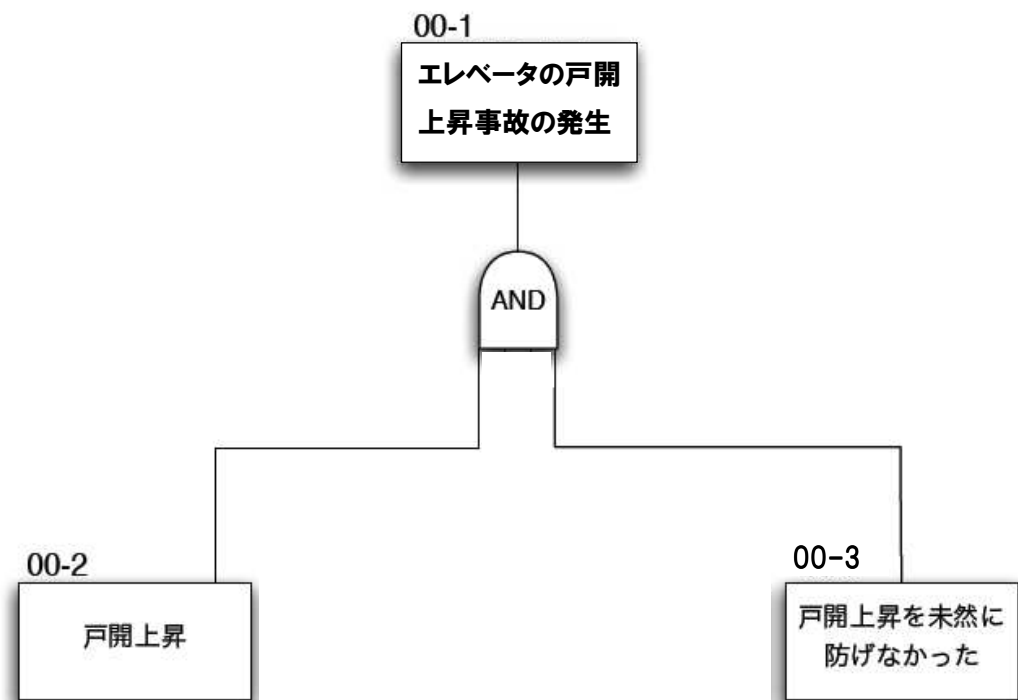
FTA 資料の読み方

Fault Tree Analysis (FTA)では、結果の事象から遡るようにして、一段階ずつその原因としてのあらゆる可能性を挙げて分析していき、それを樹木状の図で示している。より遡っての分析を行なう事象は四角形で示し、それ以上の分析を行なわない事象は円形で示している。また、ある結果事象に対して複数の原因事象がある場合、樹木図の枝分かれ点にはAND もしくはOR の論理記号が記される。AND が用いられている場合、その上の結果事象が起こるためには、その下に展開される全ての原因事象が成立することが必要だということを示す。OR が用いられている場合、その上の結果事象が起こるためには、その下に展開される原因事象のうちのいずれかひとつ以上が成立することが必要だということを示す。

FTA の図は、複数のページにわたって展開されている。樹木状に展開した図の末端が、それ以上分析を行なわない円形で示された事象の場合、その分析はそこで完了している。一方で、四角形で示された事象に対しては、基本的にその事象を別ページの樹木状の図の最上位の事象として、さらに分析を展開している。

また、図1 ページ毎に、その中の各事象についての解説文が書かれている。解説項目の順序は、樹木状の図の上から左下へと進み、最下位で行き詰まったら上の段階へ戻り、次の右隣の事象へ移ってから再び下る、という具合に、左側から順に記述している。また、この左寄り優先の順序は、図が別ページに展開する時も同じである。つまり、ひとつの図に2 つ以上四角形で終わる事象がある時、まず左側の事象を展開する図が次に示される。新たに示された図の中にも四角形で終わる事象がある場合、次の図ではまずその四角形から詳細方向へと分析が展開される。

つまり、現実には起こった結果の事象を起点として、その後の展開は、可能性の指摘とその分析であり、指摘した可能性が現実には発生したかどうかは、本報告書の報告事項ではない。



00 エレベータの戸開上昇事故の発生

00 エレベータの戸開上昇事故の発生

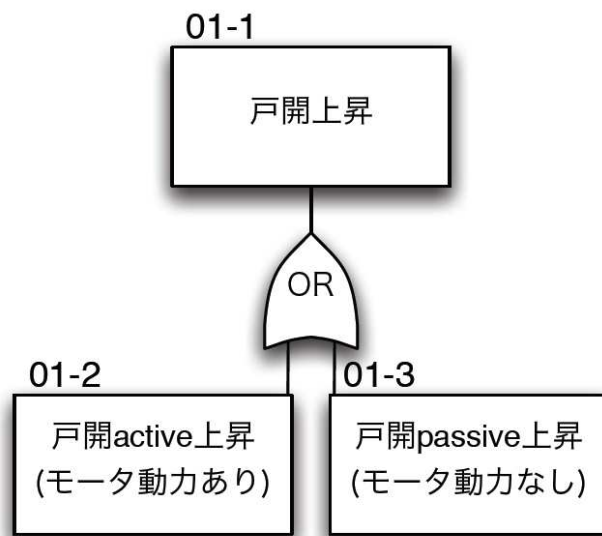
00-1 エレベータの戸開上昇事故の発生

00-2 戸開上昇

事故の際には、エレベータのかごと乗り場の双方の戸が開いたまま、かごが上昇をしたと考えられている。続きは「01 戸開上昇」の項目を参照されたい。

00-3 戸開上昇を未然に防げなかった

事故が起きてしまったそもそもの背景として、戸開上昇を未然に防げなかった経緯を考える。続きは「12 戸開上昇を未然に防げなかった」の項目を参照されたい。



01 戸開上昇

01 戸開上昇

01-1 戸開上昇

事故の際には、エレベータのかごと乗り場の双方の戸が開いたまま、かごが上昇をしたと考えられている。このように戸が開いたままかごが上昇するため、すなわち戸開上昇するためには、どのような仕組みが考えられるのかを分析していく。

01-2 戸開 active 上昇

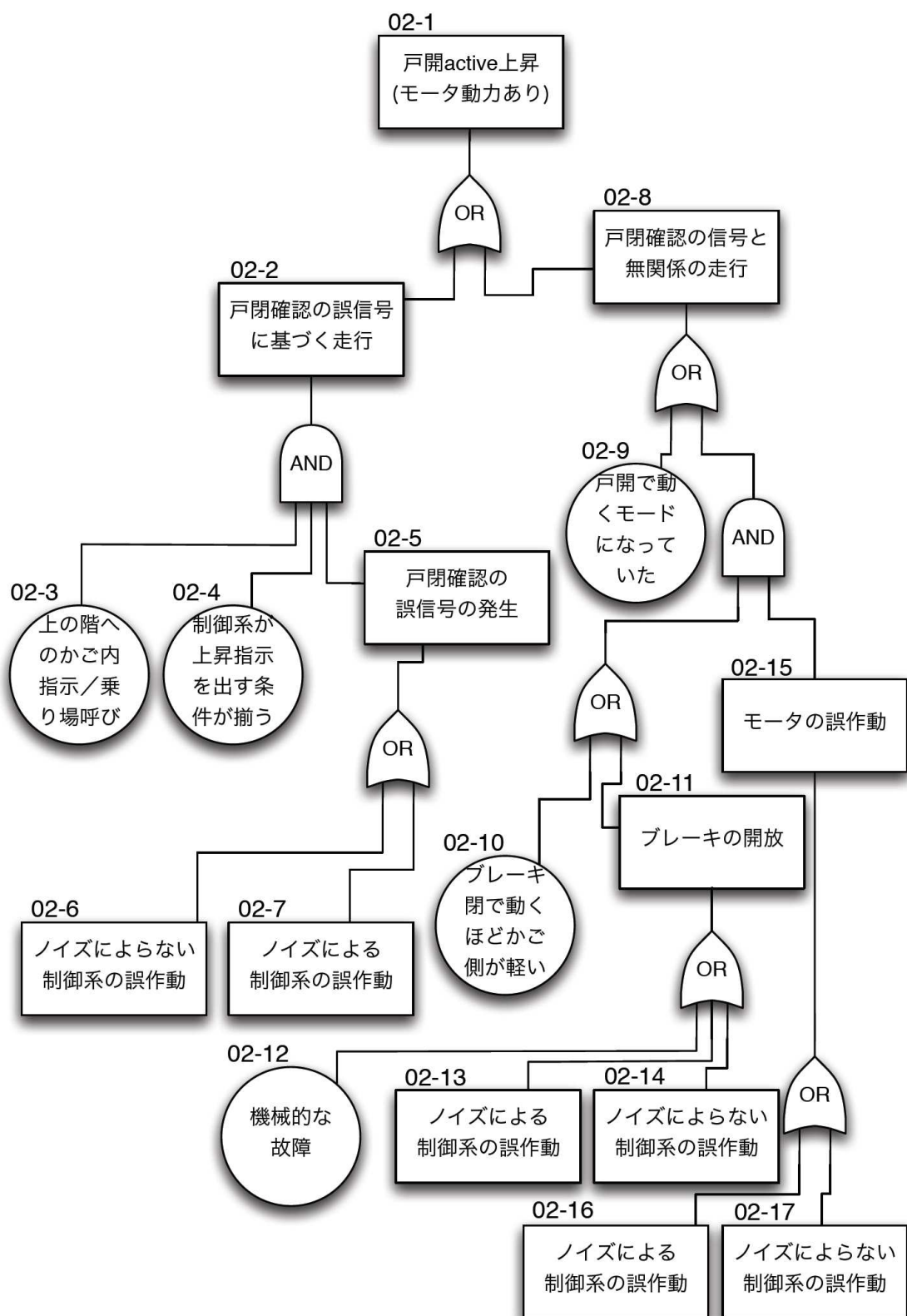
戸開上昇の際に、モータが動力を発生させて、いわば能動的(active)にかごが動いた事象が考えられる。続きは「02 戸開active 上昇」の項目を参照されたい。

01-3 戸開 passive 上昇

モータによる動力が発生せず、受動的(passive)にかごが動いた可能性もある。この際、考えられるのは、カウンターウエイトによってかごが引き上げられたことである。事故状況として、エレベータのかご側よりもカウンターウエイトの方が重かったことがわかっている。この質量の不釣り合いにより、カウンターウエイトが下がり、かごが上昇した事象が考えられる。

製造元のシンドラ社によれば、かご質量は2,100kg である。そこに人間2人と自転車2台が載っていたので、人間1人が55kg、自転車1台が10kg と考えると、合計130kg の積載荷重となり、かご側の合計質量は2,230kg である。一方のカウンターウエイト質量は、同じくシンドラ社によれば3,025kg なので、質量差は795kg となる。

続きは「05 戸開passive 上昇」の項目を参照されたい。



02 戸開active上昇

02 戸開 active 上昇

02-1 戸開 active 上昇

戸開上昇の際に、モータが動力を供給して、いわば能動的(active)にかごが動いたことについて、その仕組みを分析する。エレベータでは、建築基準法施行令第129条の10 第3 項第一号により、「かごおよび昇降路のすべての出入口の戸が閉じていなければ、かごを昇降させることができない装置を設けなければならない。」ただし、これは事故機の設置時の建築基準法施行令では第129条の9 第1 項第一号として記載されている内容である。そのために、通常、エレベータの制御系は、かごを動かす前、すなわちブレーキを開放してモータを回転させる前に、かご側と乗り場側両方の戸が閉じていることをセンサによって確認する。戸が閉じていないのに「閉じている」という誤信号を制御系が受け、それに基づいてモータが回った可能性と、戸閉確認とは無関係にモータが回った可能性とが考えられる。

02-2 戸閉確認の誤信号に基づく走行

戸が閉じていないにもかかわらず、制御系が戸閉センサの信号線から閉じたという誤信号を受け取り、安全が確認できたと認識して、ブレーキ開放やモータ回転の指示を出し、上昇をしたという事象が考えられる。そのためには、上の階へ行くようなかご内の指示もしくは乗り場での呼びがあり、しかも制御系が上昇指示を出すための戸閉確認信号以外の諸条件がそろっている上で、戸が閉じているという誤信号を正しいタイミングで受けるという3 条件全てがそろうことが必要である。その詳細については、以下の各条件の解説内容を参照してほしい。

02-3 上の階へのかご内指示／乗り場呼び

事故の際の同乗者が上の階へ行く途中という前提から考えれば、上階へかご内指示があったことはほぼ確実であろう。もっとも、押し忘れていた可能性も考えられるが、同乗者が自分の居住階に行こうとしていたことを考慮すれば、その確率は低いと考えられるが、厳密には確認不可能である。

02-4 制御系が上昇指示を出す条件が揃う

被害者が降りている途中に制御系が上昇指示を出す状態になるには、戸閉確認信号以外にも、いろいろな条件が揃わなければならないと推測される。例えば、制御系が戸を開いてから戸閉確認信号を確認して動こうとする前に、一定の戸開時間は待機し、その後に戸を閉めるための指令信号を出すというようなプログラムが考えられる。仮にこの推測が正しいとすると、前述の一定の戸開時間を経て戸を閉めるための指令信号を出すまでの時間は、事故で戸開上昇が起きるまでに予め経過していなければならなかったことになる。具体的にどのような諸条件がそろわなければならないかは、制御プログラム次第であるが、制御プログラムの詳細情報は本調査では入手できず、またその作成者から情報を得ることもできなかったため、確認できない。また、仮に前述の時間的条件が実際に必要だったとしても、その諸条件が事故時に満たされていたかどうかは、今となっては確認できない。

02-5 戸閉確認の誤信号の発生

誤信号の原因として戸閉センサの不良、信号用電圧供給の不良、およびノイズによる誤作動が考えられる。通常、ドアスイッチと呼ばれる戸閉センサは、かごと各階乗り場にそれぞれ設置されており、ドアが開いている時にはスイッチの電極も開いており、ドアが閉じた時に短絡されるようになっている。逆にドアが閉じた時にスイッチが開くようになっていると、断線や接触不良などの故障があった際に戸閉と間違えてしまいかねないので、通常はそのような設定は避けられている（参考文献：竹内照男著、広研社刊「エレベーター・エスカレーター入門」）。実験に協力したエス・イー・シーエレベーター株式会社（本社東京都台東区、以下「SEC 社」とする）によれば、実験を行なった4号機のドアスイッチの配線は、p34の回路図のように信号端子が抵抗を介して20Vにつながっているが、それと並行に、直列のスイッチ群（ドア閉時は閉じている）をはさんでGNDに繋がっている。同型機である事故機の配線も、同様であったと仮定する。そうすると、全てのドアが閉じていれば、信号端子はGNDと短絡されるために0VすなわちL0を検出し、ひとつでもドアが開くとスイッチが開き、GNDへの経路が断たれるので、信号端子に20Vの電圧がかかり、HIの状態が検出される。このような配線で入力信号に基づく戸閉の誤信号が発生するには、信号端子が0Vになればよいので、かごと戸が開いている階の乗り場との

両方のセンサに不良があるか、20V の信号用電圧供給に問題があるかなどの理由で、ノイズによらない制御系の誤作動があるか、信号線にノイズの影響で誤った信号が乗るかの、いずれかが起きていなければならない。

02-6 ノイズによらない制御系の誤作動（かご・乗り場両方のセンサについて戸閉誤認）

ノイズによらない制御系の誤作動で、戸閉確認の誤信号が発生したことが考えられる。ここでは、その具体例として、戸閉センサの不良と信号用の電圧供給の不良について解説する。ただし、それ以外の可能性を否定するものではない。

戸閉センサの不良：戸閉の誤信号発生理由として、センサが故障していたことが考えられる。たとえばセンサの電極付近への金属片混入などによる短絡や、センサの可動部分が動かなくなったというような機械的不良による常時短絡の可能性が考えられる。本調査の範囲内では、戸閉センサがそのように短絡していたという情報は確認されていない。また、事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。

信号用の電圧供給の不良：信号用に供給されている電源の電圧が低下して、戸開時のHI 信号がLO 信号と間違えられてしまった可能性が考えられる。原因として、電源装置の不具合のほかに、抵抗の故障もしくは断線などが考えられる。本調査の範囲内では、そのような信号用電圧供給の不良があったという情報は確認されていない。また、事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。

ノイズによらない制御系の誤作動の一般的な事例は、別図で解説する。続きは「04 ノイズによらない制御系の誤作動」の項目を参照されたい。

02-7 ノイズによる制御系の誤作動（かご・乗り場両方のセンサについて戸閉誤認）

センサに不良が発生しなくとも、あたかも戸が閉じているかのようなノイズが信号に乗ってしまう可能性が考えられる。

8 月20 日から21 日にかけて行なわれた一連のノイズ印加を含む不具合調査実験では、戸開 active 上昇の発生は確認されなかった。ただし、戸閉確認信号へのノイズは常時監視していたわけではないので、実験中にそのようなノイ

ズが無かったかどうかについて確認できていない。また、ノイズによる不具合の再現は困難であるため、この実験結果は戸開active 上昇の可能性を完全に否定するものではない。

ノイズによる誤作動の種類とその詳細については、別の図を用いて詳しく分析・解説をする。続きは「03 ノイズによる制御系の誤作動」の項目を参照されたい。

02-8 戸閉確認信号と無関係の走行

戸閉確認信号とは無関係に、モータが回った事象が考えられる。モータのインバータ制御系は、モータ回転の指令を受け取れば、モータが回転を始めるという可能性が考えられる。この際、ブレーキが開いている場合と閉じている場合が考えられ、当然ながらブレーキが開いていればエレベータは通常の運転時と同様に滑らかに動き、ブレーキが閉じていれば開いている時よりも動きにくくなる。モータが回転した際にかごが動くには、ブレーキが開いているか、またはブレーキが閉じてもかごが動けるほど、ブレーキの制動力が小さいかのいずれかが必要である。なお、この時の「ブレーキの制動力が小さい」ということは、モータの出力だけではなく、かごや積載荷重の質量とも関係する相対的な指標である。

02-9 戸開で動くモードになっていた

港区の担当者から聞いた情報によると、事故機は非常用エレベータなので、運転モードを変えることにより、戸が開いていても運転ができるようになる。なんらかの理由で運転モードがその状態になってしまい、戸が開いたままで運転がされた可能性が考えられる。モード切り替えの物理的痕跡は残っていないと思われるため、今となっては確認不可能である。

02-10 ブレーキ閉で動くほどかご側が軽い

モータがかごを上昇させる方向に動こうとする場合、その主な抵抗となるのは、かごや積載荷重の質量と、ブレーキの摩擦力である。つまり、かご側積載荷重が軽ければ軽いほど、かごは上昇し易くなる。また、ブレーキの摩擦力については、実際、7月25日の実験B1 および7月26日の実験B2 およびB3 において、かご側にカウンターウェイトと質量が均衡になるように重りを載せたバ

ランス状態で、ブレーキを停止状態と同様に閉じたままでモータを駆動すると、上下に運転が行われることが確認されている。この際、ブレーキはほとんど摩耗をしていない、いわば健全な状態であった。ただし、上下動共に加速は通常よりも緩やかであり、例えば通常なら約5 秒しかかからない2 階差の下降運転のために、ブレーキが閉じた状態では約7 秒を要した。この条件で動くのであれば、かご側積載荷重がこの実験時よりも軽く、カウンターウェイトとの質量差により上方向への力が働いた事故時の状況では、さらに楽に上方向に動いたと推測できる。ただしその際、ブレーキやモータの性能、およびカウンターウェイトの質量は実験時と大差なかったと仮定する。

02-11 ブレーキの開放

上述のように、事故時の積載荷重条件を検討すると、ブレーキが開いていなくても、モータを回転させるとかごは動けることが推測されているが、ブレーキが開いていればなお動きが滑らかになる。ブレーキ開放の原因としては、機械的故障に加え、ノイズによる誤作動と、ノイズによらない、例えばソフトウェアのバグによるような、制御系の誤作動が考えられる。

02-12 機械的な故障

ブレーキまわりの構成部品の破損など、機械的な故障によってブレーキが開いてしまうことが考えられる。また、ブレーキソレノイドへの電力供給のためのリレーが常時通電状態になってしまうというような故障も考えられる。この点については実物がないので確認ができないが、本調査の範囲内では、そのような故障があったという情報は確認されていない。実物の調査により確認できる。

02-13 ノイズによる制御系の誤作動（ブレーキ開放）

ノイズによる何らかの影響で、制御系がブレーキ開放の信号を発する状態になった可能性が考えられる。

8 月21 日に行なわれた実験C13 では、ノイズ印加により停止中に100ms および300ms ほどブレーキ開放電流が流れたことがあり、後者については230ms ほどの間にブレーキアームがブレーキライニング中央部計測値で左0.4mm, 右0.5mm 開き、モータを回すインバータにも運転指令が送られている。ただし、

この実験の際には、ドアは閉じていた。さらに、ノイズによる不具合の発現は強制的なものであるため、かかるノイズが事故時に存在したかどうかは断定できず、この実験結果は必ずしも事故状況を再現するものではない。

ここで起きたことの推測は、以下の通りである。8月20日と21日に行なわれた一連のノイズ印加実験では、かご内のボタンや乗り場の呼びボタンによる指示なしで勝手に運転がなされることや、また運転途中に急停止することも確認された。このような、かごや乗り場からの指示無しでの運転は、毎回戸が閉じてからの運行であった。冒頭に述べた短時間のブレーキ開放も、戸が閉じていることを確認した上で運転が始まり、間もなく中断されるという、他の例と同じ事象の中で、極端に運転時間が短いものだと推測できる。一連の無指示運転について、制御信号の誤作動のような詳細の確認は取れていない。ただ、8月20日の実験C11の記録にも記してある通り、かご内の行き先指示ボタン、および乗り場の呼びボタンの点灯・消灯の具合から、無指示運転の際には、ノイズによって、かご内行き先指示ボタンや乗り場呼びボタンが押されたのと同等の信号が、作り出されてしまったと考えられる。また、同じくノイズによって、その運転指令がキャンセルされたのであろう。しかしそのような走行をした時でさえ、必ず戸閉信号を確認していたと考えられる。これが事実であれば、事故機の同型機である4号機は、電磁的ノイズの影響によって、戸が閉まった後の異常運転は生じるが、戸開状態で動くようなことはほぼ生じないということが考えられる。事故機についても同じことが言える。しかしこれはあくまでも推測なので、確認された事実ではない。また、電磁的ノイズ以外のノイズであるが、例えば接触不良によるノイズは個体差が生じるので、確認できない。

ノイズによる誤作動の一般的な事例は、別図で解説する。続きは「03 ノイズによる制御系の誤作動」の項目を参照されたい。

02-14 ノイズによらない制御系の誤作動（ブレーキ開放）

8月20日の実験C3において、制御盤内のあるコネクタが抜けた際に、ブレーキが9.8秒間開き、閉じた後にドアが開くという現象が確認された。この際、当初の時点でドアは閉じていた。続いて、モータは駆動されなかった。つまり、この現象は戸開passive上昇の原因とはなり得るが、戸開active上昇となるためには、同時に何らかの理由でモータが動き始める必要がある。

上記以外には、実験中にノイズによらない制御系の誤作動でブレーキが開く

ことは、確認されなかった。ノイズによらない制御系の誤作動の一般的な事例は、別図で解説する。続きは「04 ノイズによらない制御系の誤作動」の項目を参照されたい。

02-15 モータの誤作動

戸閉確認なしの走行でも、戸開 active 上昇のためには、何らかの形でモータ制御系に、回転指示の指令が送られなければならない。その背景原因はブレーキ開放と同じで、ノイズによる誤作動と、ノイズによらない制御系の誤作動が考えられる。

02-16 ノイズによる制御系の誤作動（モータ誤作動）

扉が開いているにも関わらず、電磁ノイズによってモータが動き出すという現象は、実験では確認されなかった。

ノイズによる誤作動の一般的な事例は、別図で解説する。続きは「03 ノイズによる制御系の誤作動」の項目を参照されたい。

02-17 ノイズによらない制御系の誤作動（モータ誤作動）

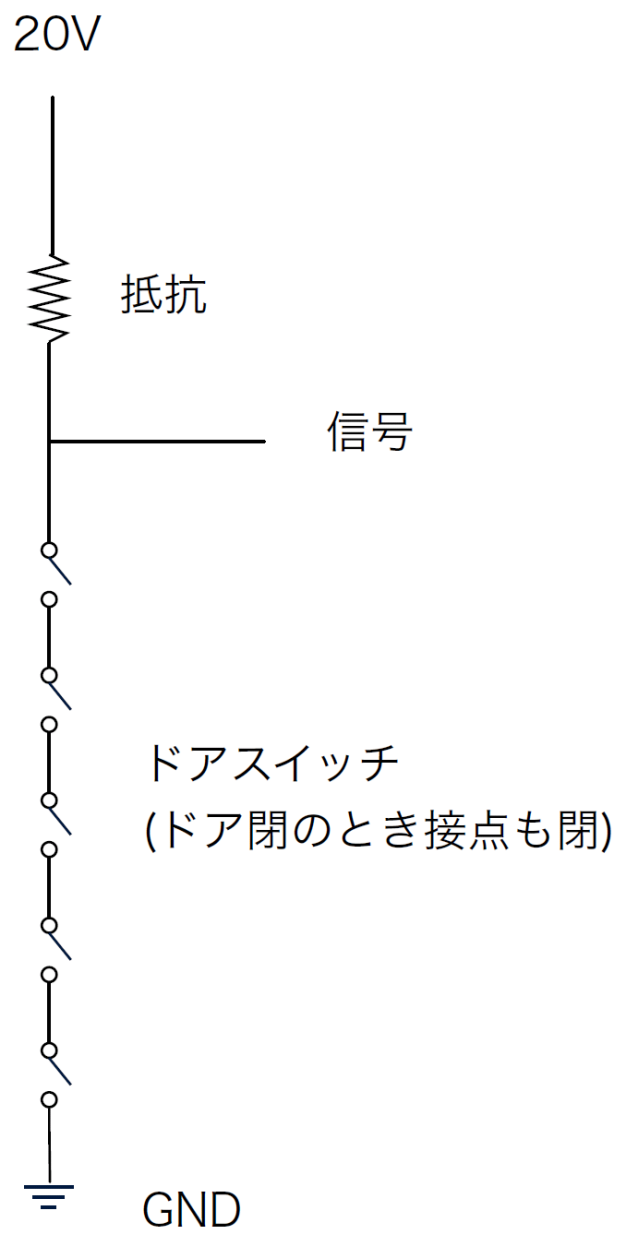
扉が開いているにも関わらず、ノイズによらない制御系の誤作動のためにモータが動き出すという現象は、実験では確認されなかった。

ノイズによらない制御系の誤作動の一般的な事例は、別図で解説する。続きは「04 ノイズによらない制御系の誤作動」の項目を参照されたい。

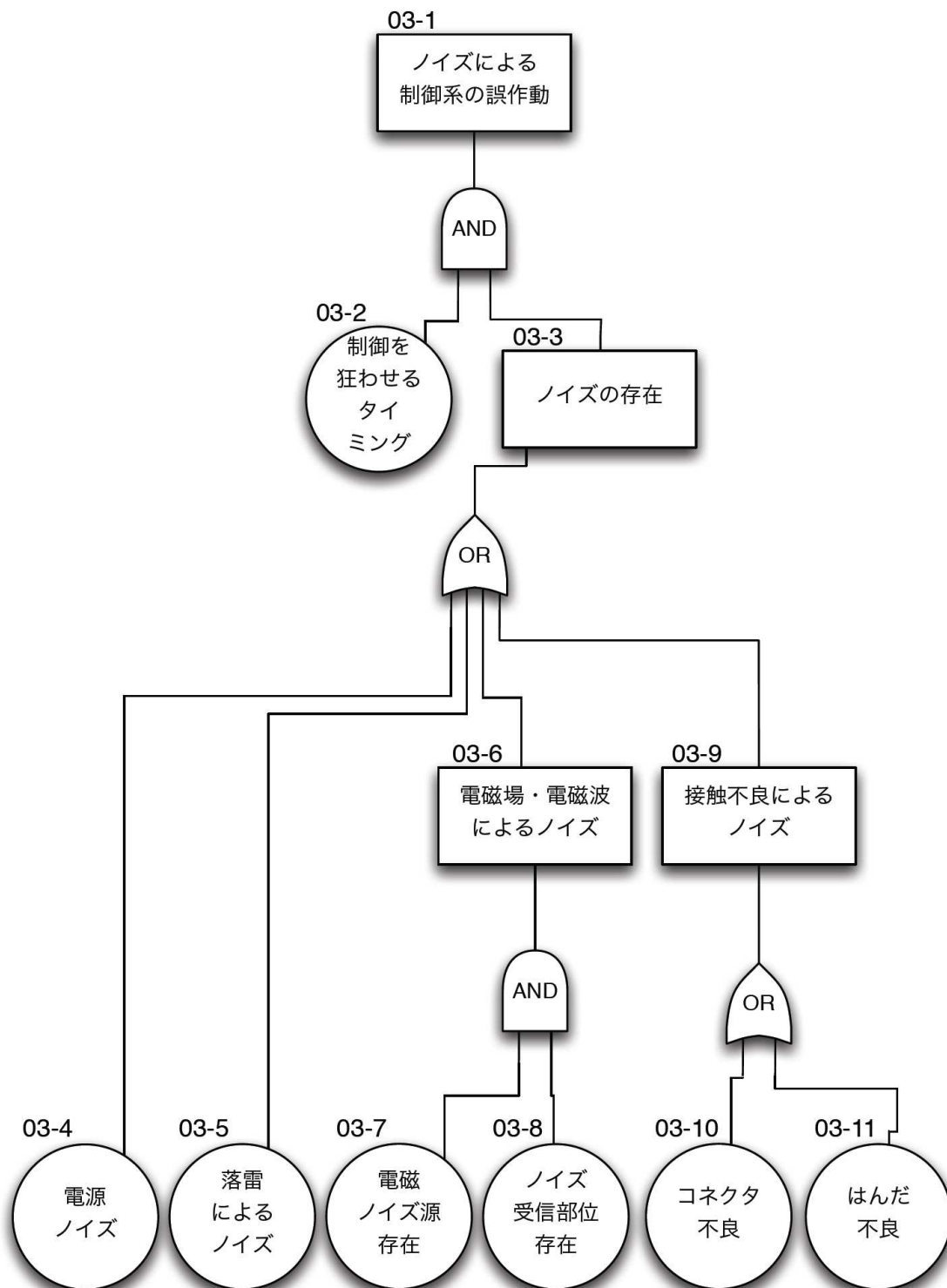
なお、シンドラ社製の別型のエレベータでは、ドアが閉じた直後にドア開ボタンを押すと、ドアが開くだけでなく、走行も始まるという問題が起きたことが報道されている。この問題については、2006 年6 月17 日付けの朝日新聞によると、ドアが閉じたというセンサ信号が制御系に送られた直後（0.25 秒以内）に、開ボタンが押されると、戸閉センサからの戸閉確認信号があった後であるにも関わらず、ドアが開いてしまったが、一方で、それに引き続いて、戸閉確認の信号があったので、運転開始の信号が出されてしまったとされている。これは制御ソフトウェアのプログラムミスによるものだが、同じ記事によれば、該当機種のソフトウェアは報道のされた日までに修正され、事故機のソフトウェアには、もともとこのようなプログラムミスはなかったことになっている。また、以上の記述からも分かるように、この異常現象は、開ボタンを押すこと

によって戸開運転が始まるというものではない。あくまでも一度は戸閉状態が生じて、戸閉確認信号が発信されなければならない。事故の時はドアが閉まり切らなかったのも戸閉信号は発信されなかったはずなので、事故の時に、もし開ボタンが押されて戸開active 上昇が起きたとしても、その押しボタン行為だけで誤動作は発生せず、他に何らかの別要因も生じていたはずである。つまり、前述のような戸閉確認の誤信号の存在があったか、これとは異なるプログラムミスが存在により、戸閉確認の信号を受けなくとも走行指令が出されていたかの、いずれかの可能性が考えられる。

7 月 20 日の実験 148 と 7 月 23 日の実験 156 では、事故機と同型の 4 号機を用いて、上記のように、ドアが閉じた直後にドア開ボタンを押すプロセスを通して、ドアが開くのに、走行も始まるというプログラムミスの存在の有無を調査した。ボタンの押し方として、戸閉直前ないし直後に、瞬間的に押すことと、約5 秒の長押しを試し、その影響を調べたが、戸開走行のような誤作動は確認されなかった。ただ、プログラムミスによる誤作動を起こすためのタイミングの条件を揃えるのは困難であるため、実験ではプログラムミスが存在しないことの確証は得られなかった。また、制御プログラムは入手できず、またプログラム作成者から情報を得ることもできなかったため、プログラムミスの有無の解析はできていない。



ドアスイッチの配線回路図



03 ノイズによる制御系の誤作動

03 ノイズによる制御系の誤作動

03-1 ノイズによる誤作動

ノイズによる誤作動の一般的な種類の詳細について分析する。ノイズによる誤作動が生じるためには、ノイズが存在するだけでなく、制御を狂わせるようなタイミングで、ノイズが乗る必要がある。

なお、ここではノイズによって生じる一時的な誤作動について述べる。ノイズによって、プロセッサやソフトウェアが恒常的なダメージを受けたことによる誤作動は、プロセッサの故障やソフトウェアの不良として、ノイズによらない制御系の誤作動の図で説明する。

03-2 制御を狂わせるタイミング

ある信号にノイズが乗っても、その時点で、制御系でその信号が用いられていなければ、影響は生じない。すなわち、ノイズによる誤作動が生じるためには、制御を狂わせるようなタイミングで、ノイズが乗る必要がある。証拠が残らないので、今となっては確認不可能である。

03-3 ノイズの存在

ひとくちにノイズと言っても様々な種類があるので、それらについて下記に述べる。

03-4 電源ノイズ

電源電圧に変動が生じたり、電源ライン・グラウンド間にパルス状のノイズが生じたりすると、制御信号がその影響を受けたり、プロセッサが誤作動をしたりする。

6 月 26 日のノイズ測定試験をはじめとし、実験期間中に継続的に計測された電源の記録には、制御に影響を及ぼしそうな不安定さは認められなかった。ただし、実験時の電源の状態が事故当時のそれと同等であるという確証はないので、事故の際に電源ノイズによる影響があった可能性は否定し切れない。証拠が残らないので、今となっては確認不可能である。

03-5 落雷によるノイズ

落雷により、前述の電源ノイズが生じる、もしくは信号そのものが影響される、という現象が考えられる。

事故当日には現場近辺には落雷がなく、落雷によるノイズによって事故が引き起こされたということは、考えられない。

03-6 電磁場・電磁波によるノイズ

電磁場によるノイズの影響が生じるには、まずノイズ源が存在し、さらにその影響を受けるようなノイズ耐性の低い受信部位が存在することが必要である。

03-7 電磁ノイズ源存在

一般的に、電磁ノイズ源として、例えばテレビ・ラジオや携帯電話、また船舶無線・違法トラック無線などの電磁波や、インバータが出す電磁場が挙げられる。

2007 年 6 月 26 日のノイズ測定試験では、エレベータの制御盤がある機械室内で、外来の電磁波を測定したが、誤動作を起こしそうな大きなレベルのものは確認されなかった。参考までに、放送電波では、後述のインバータによるノイズよりも大きな電圧も記録されているが、放送電波は継続的に出し続けられるため、誤動作を起こしにくいことが知られている。その他に電磁ノイズ源として可能性があるのは、エレベータのモータのためのインバータが発する高周波数の電磁場である。その計測値は、4 号機のインバータでは15MHz 前後で、一方の別会社製の新5 号機のインバータでは25MHz 前後でそれぞれ生じるが、どちらも常時最大で60dB μ V ほどのノイズが発生していた。参考までに、アンテナファクタ(15MHz で約30dB、25MHz で約25dB)やカップリングアダプタの電圧比(10:1)から、もとの電磁場の強さを逆算すると、約105-110dB μ V、すなわち178-316mV 程度である。これに対し、2007 年8 月20 日から21 日にかけて行なわれたノイズ印加を含む不具合調査実験では、不具合を発生させるために、方形波で最小でも60V を要している。このうち、インバータが発する電磁場の周波数に相当する帯域での電圧を実験で調べたところ、60V のインパルス方形波を計測用アンテナに印加した結果、55-60dB μ V が計測された。これはちょうどインバータが発する電磁場と同程度の強さであるから、エレベータの制御系

がノイズ印加実験時にこの周波数帯域でノイズの影響を受けていたのであれば、インバータの発する電磁場でも同じく不具合が起こると推測できる。さらに、現実には、ノイズの大きさは簡単に一桁程度増減することがあり、また、受けた側の共振でも一桁程度の増減が生じることが知られているので、実際にそれが起きれば、誤作動が生じる可能性はより大きくなる。

しかし、2007 年 8 月 20 日から 21 日にかけて行なわれたノイズ印加を含む不具合調査実験では、事故前に通報された不具合で、しかも港区事故調査委員会の第1 次中間報告書の記録に残っているような不具合のうちで再現されたのは、緊急停止と閉じ込めのみであり、同じく記録に残っている異音や振動などは確認されなかった。一方で、事故後に事故機と同型の隣接機である4 号機に起こり、当時シンドラ社によって原因不明とされていた種類の不具合に注目すると、2006 年 12 月 15 日付けの同社から国土交通省住宅局建築指導課に宛てた報告書に記されているものは、実験で全て再現された。さらに、実験では異音や振動を除くと、その他にも様々な誤動作が確認された。

事故後にはエレベータ内に人員が常駐していたことや、利用者も神経質になっていたであろうことが推測されるため、不具合は細かく記録されていると考えられる。一方で、事故前の不具合記録は、何かが起こっても必ずしも利用者から不具合が通報されたとも限らないので、不具合の全ては残っていない部分的な記録と推測される。このため、事故の前と後でノイズに関連するエレベータの状態の差は正確に確認できないだろう。ただし、残っている事故前の記録をそのまま記録もれのないものであると仮定すると、事故前は、ノイズの影響らしき不具合は、事故と同年の2006 年 2 月 7 日を最後に、6 月 3 日の事故まで発生しておらず、一方で、事故後には8 月 5 日、9 月 15 日、9 月 27 日などにノイズの影響らしき不具合が発生していることから、ノイズ起因の不具合発生の頻度が増加していることが見受けられる。ここでノイズの影響らしき不具合と呼んでいるものは、8 月 20 日から 21 日にかけて行なわれたノイズ印加を含む不具合調査実験において再現されたものと同じ種類の、緊急停止と閉じ込めをはじめとした不具合である。なお、本調査で分かっている範囲の中で、事故前後の4 号機で最大の変化は、事故機との連携を取っていた制御部分が使われなくなったことである。その事故機側がなくなった結果、4 号機の制御系のノイズ耐性が低下したということも、考えられる。しかし、前述したように、事故前では記録に残っていない不具合の発生もあったかもしれないので、ノイズ

耐性の変化は確証できない。

2006 年 12 月 15 日付けのシンドラー社から国土交通省住宅局建築指導課に宛てた報告書によれば、9 月 27 日に発生した不具合の後に、シンドラー社によってエレベータの制御信号から動作記録を録るメモリーハイコードが設置された。その後のできごととして、10 月 15 日に始まり、17 日（この後さらにメモリーハイコードの測定項目数追加）、18 日、24 日、29 日、31 日とノイズの影響らしき不具合が続発している。ここでは、それ以前と比べて明らかに発生頻度が上がっているが、その原因は明らかになっていない。もっとも、ハイコードの設置によってノイズ耐性が下がったことも考えられる。さらに、本調査の範囲では把握していない他の変更がエレベータに加えられていた可能性も残る。

同じく 2006 年 12 月 15 日付けのシンドラー社から国土交通省住宅局建築指導課に宛てた報告書によれば、その後も引き続き、11 月 1 日以降には、ノイズの影響らしき不具合がさらに頻発している。その日には、シンドラー社によって 4 号機のインバータが新型のものと取り替えられており、さらに、別会社製の新しい 5 号機エレベータの試運転が始められ、そのインバータも使われ始めた。

（4 号機のインバータが交換された理由は、10 月 29 日に、インバータの誤動作らしき挙動がメモリーハイコードに残っていたからである。）4 号機の新しいインバータも、別会社製の新しい 5 号機のインバータも、旧型のものに比べて高周波数で動くため、一般的にノイズによる不具合を引き起こし易いものと考えられている。しかし、4 号機では、インバータ交換後に不具合があまりにも頻発したために、シンドラー社はインバータを古いものに戻し、さらにノイズ対策として暫定的に動力線およびマイコン電源線にアルミホイルを巻いている。このとき、2006 年 12 月 15 日付けのシンドラー社から国土交通省住宅局建築指導課に宛てた報告書を見る限り、シンドラー社は別会社製の新しい 5 号機の試運転開始と 4 号機の不具合を関連づけてはいない。インバータを旧型に戻した後も不具合は続き、シンドラー社はそれをアルミホイルによるアンテナ効果だと考えたようだが、別の見方ではそれとは無関係に、別会社製の新しい 5 号機のインバータによるノイズの影響だったという可能性も考えられる。

また、ノイズ源ではなく受信部については、11 月の 1 日から 6 日までの毎日と、11 月 9 日にも起きたノイズの影響らしき不具合は、5 日あけて 11 月 15 日に再度発生した。この日、シンドラー社によって制御盤内のリボンケーブルに

フェライトノイズフィルタが装着された。この後は、その5 日後にエレベータが使われなくなるまでは不具合は発生していない。このことから、フェライトノイズフィルタの装着には効果があったことが考えられるが、装着前の 5 日間にも不具合は発生していないので、そのことだけからフェライトノイズフィルタの効果が確実にあったとは言えない。一方で、2007 年 8 月 20 日から 21 日にかけて行なわれたノイズ印加を含む不具合調査実験において、フェライトノイズフィルタの印加ノイズに対する効果は実証された。実験時の印加ノイズに対して効果があるのであれば、実験時以外でもノイズに対して効果があると推測できる。

また、エレベータ入れ替え工事の際に不具合が頻発したことに関しては、溶接作業によるノイズの影響も考えられた。しかし、当時の作業記録を調べた限り、溶接作業の時刻と不具合発生の時刻が重なっているのは、同年 10 月 23 日のただ一度のみであり、2006 年 12 月 15 日付けのシンドラー社から国土交通省住宅局建築指導課に宛てた報告書によれば、それは扉反転センサへのゴミ付着による不具合であったと考えられている。つまり、溶接作業によるノイズ的影響はなかったと推測できる。

しかし、事故後のエレベータ入れ替え工事中に不具合が頻発したのに対し、その翌年夏に行なわれた調査実験の期間ではその工事中ほどの高い頻度では不具合が発生せず、この差異については理由が判明していない。また、実験期間中にエレベータに試乗した住民などの証言によれば、以前と比べて騒音や振動などの面で乗り心地が改善されているらしいが、その違いについても原因が判明していない。

このように、ノイズ源が何であるかは、特定し切れていない。しかし、8 月 20 日から 21 日にかけて行なわれたノイズ印加を含む不具合調査実験の結果を見る限り、事故後のエレベータ入れ替え工事期間中に実験時と同様の内容の現象が起きていたので、同時期に何らかの電磁ノイズ源が存在したことは、ほぼ確かであると推測できる。また、事故以前から事故時においても、情報が限定されているために断言はできないものの、同様に実験時と同様の現象が起きているため、電磁ノイズが存在していた可能性はあると推測できる。しかし、そのことが事故と直接的に関係しているかどうかは、また別問題である。なお、事故前も後の工事期間中も、ノイズ源として具体的に考えられるもののひとつとして、エレベータのモータのためのインバータがある。また、工事期間中に

については、工事用機器の影響も否定しきれないが、溶接作業とは相関関係が見られない。

03-8 ノイズ受信部位存在

電磁ノイズ源が存在しても、ノイズを受け易い受信部位が存在しなければ、影響は現実化しない。

8月20日から21日にかけて行なわれたノイズ印加を含む不具合調査実験により、制御盤内の回路基板を接続する4本のリボンケーブルは、他の部位に比べてノイズの影響を受け易いことが確認された。また、実験に協力したノイズシールドジャパン株式会社（本社東京都品川区）が筆者に伝えたことだが、実験で不具合が確認された際にこれらのリボンケーブルにかけられていたノイズレベルは、通常の試験で不具合発生が見られるよりも低いレベルだった。実験時の4号機のリボンケーブルは、シールド（ノイズの対策となるケーブル構造のこと）がされておらず、ノイズフィルタも装着されておらず、必要以上に長いものもあり、これらの条件がノイズを受信し易くしたと推測できる。つまり、電磁ノイズによる誤作動が発生していたのならば、この箇所がノイズ受信部となっていた可能性が高いと推測できる。ただし、長いことが確認されたのは4号機のリボンケーブルであり、事故機のものも同様に長かったかどうかは、事故を起こしたエレベータの現物の検証ができないので、本書の作成者においては確認不可能であった。事故機にノイズを受け易い受信部位が存在するかどうかは、現物があれば実験によって確認できるだろう。また、実験を行なわなくとも、事故機の該当箇所が4号機と同等であると確認することにより、推測できる。

03-9 接触不良によるノイズ

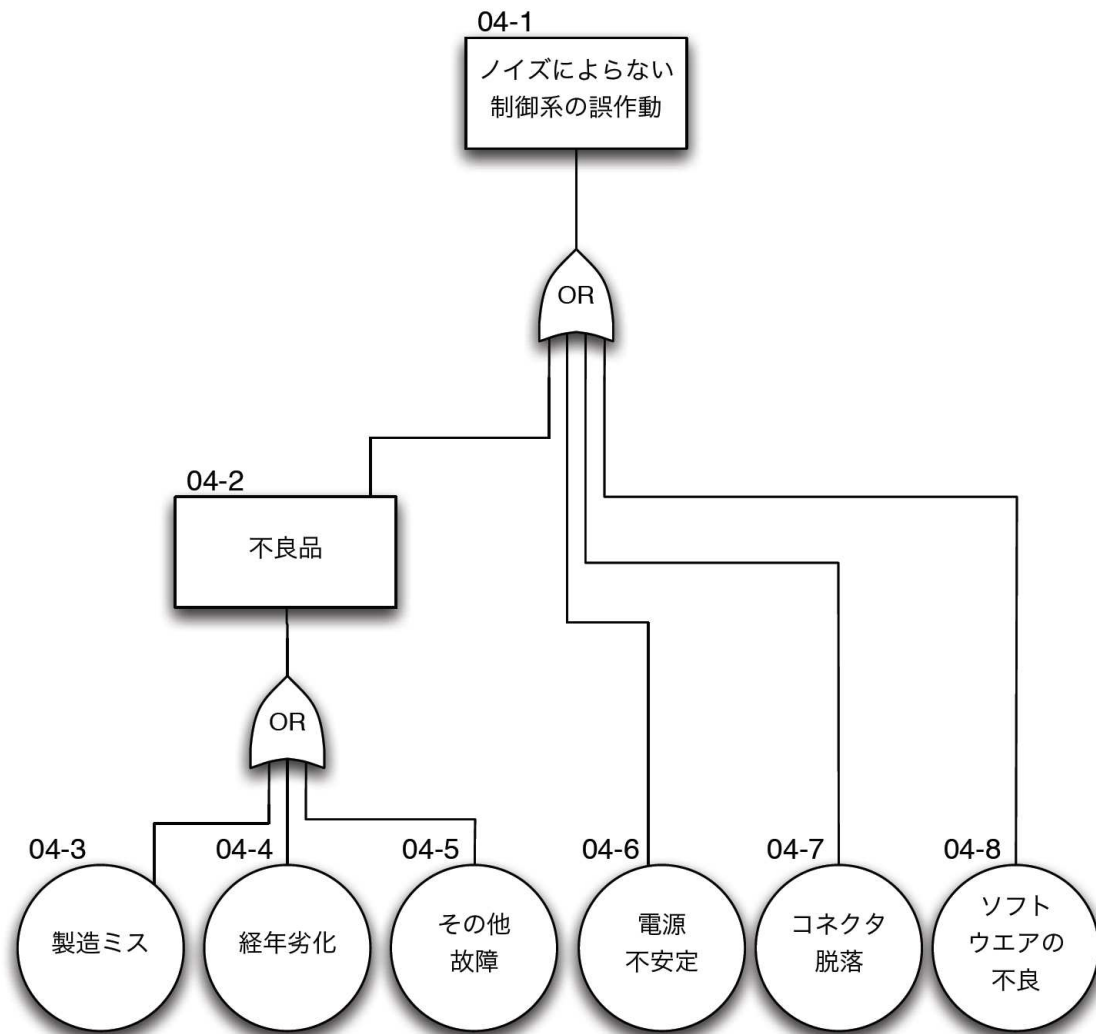
信号線の接触不良により、信号の途切れなどのノイズ発生が考えられる。事故機の制御盤については、事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、事故機の制御系の接触不良は、報告されていない。現物を調べて確認できる場合もあるが、一方で部品の微妙な位置ずれなどにより症状がわからなくなってしまう可能性も考えられる。

03-10 コネクタ不良

接触不良の一種として、コネクタの故障や、コネクタがきちんと挿さっていないなどの、コネクタ不良がある。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、事故機の制御系のコネクタの不良は、報告されていない。現物の調査により確認できる場合もあるが、一方で部品の微妙な位置ずれなどにより症状がわからなくなってしまう可能性も考えられる。

03-11 はんだ不良

接触不良の一種として、はんだ接合部分の組立て不良や経年劣化などの、はんだ不良が考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、事故機の制御系のはんだの不良は、報告されていない。現物の調査により確認可能。



04 ノイズによらない制御系の誤作動

04 ノイズによらない制御系の誤作動

04-1 ノイズによらない制御系の誤作動

制御系の誤作動はノイズを原因とするものに限定されない。以下に詳細を記す。

04-2 不良品

回路基板やマイクロプロセッサなどが不完全な状態になることによる誤作動である。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であったが、調査で知り得た範囲内では、事故機の制御系の部品等の不良は、報告されていない。

04-3 製造ミス

部品単体の製造ミスや、複数部品間の組立てミスなど。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、事故機の制御系の部品等の製造ミスは、報告されていない。現物の調査により確認可能。

04-4 経年劣化

材料の劣化などの経年劣化である。例えば、コネクタの接続端子の表面劣化による導通不良が考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、事故機の制御系の部品等の経年劣化は、報告されていない。現物の調査により確認可能。ただし、前述のコネクタの接続端子の表面劣化による接触不良の場合、該当コネクタを一度抜き差ししただけで劣化した表面がきれいになり、導通不良がわからなくなることがある。

04-5 その他故障

製造・組み立て当時のミスでもなく、経年劣化でもない故障である。例えば電子部品や配線等の機械的損傷や、急激な高電圧などのノイズによるプロセッサ回路の損傷などであるが、事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範

囲内では、事故機の制御系の部品等のそのような故障は、報告されていない。
現物の調査により確認可能。

04-6 電源不安定

一時的に電源供給が停止するなど、電源供給の不安定さにより制御系が誤作動することが考えられる。

6月26日のノイズ測定試験をはじめとし、実験期間中に継続的に計測された電源の記録では、制御に影響を及ぼしそうな不安定さは認められなかった。ただし、実験時の電源の状態が事故当時のそれと同等であるという確証はないので、事故の際に電源不安定による影響があった可能性は否定し切れない。今となっては確認不可能。

04-7 コネクタ脱落

制御盤内の信号線などのコネクタが脱落することにより、制御系が誤作動することが考えられる。また、完全な脱落でなくとも、コネクタ部分の導線の接触不良でも、脱落時と同等の事象が起きることも考えられる。

実際、8月20日の実験C3において、制御盤内のあるコネクタが抜けた際に、ブレーキが9.8秒間開き、閉じた後にドアが開くという現象が確認された。この時には、もともと戸は閉じていたが、戸が開いていたとしても同様にブレーキが開放された可能性はあり、それが起きれば事故の様な戸開上昇となったと推測できる。一方で、戸を開いた状態でコネクタを抜いた時の動作は実験では確認していない。これ以外には、コネクタ脱落による誤作動は確認されていないが、積極的にコネクタを抜く実験を行なったわけではないので、他にどのような現象が起こり得るかについては未確認である。

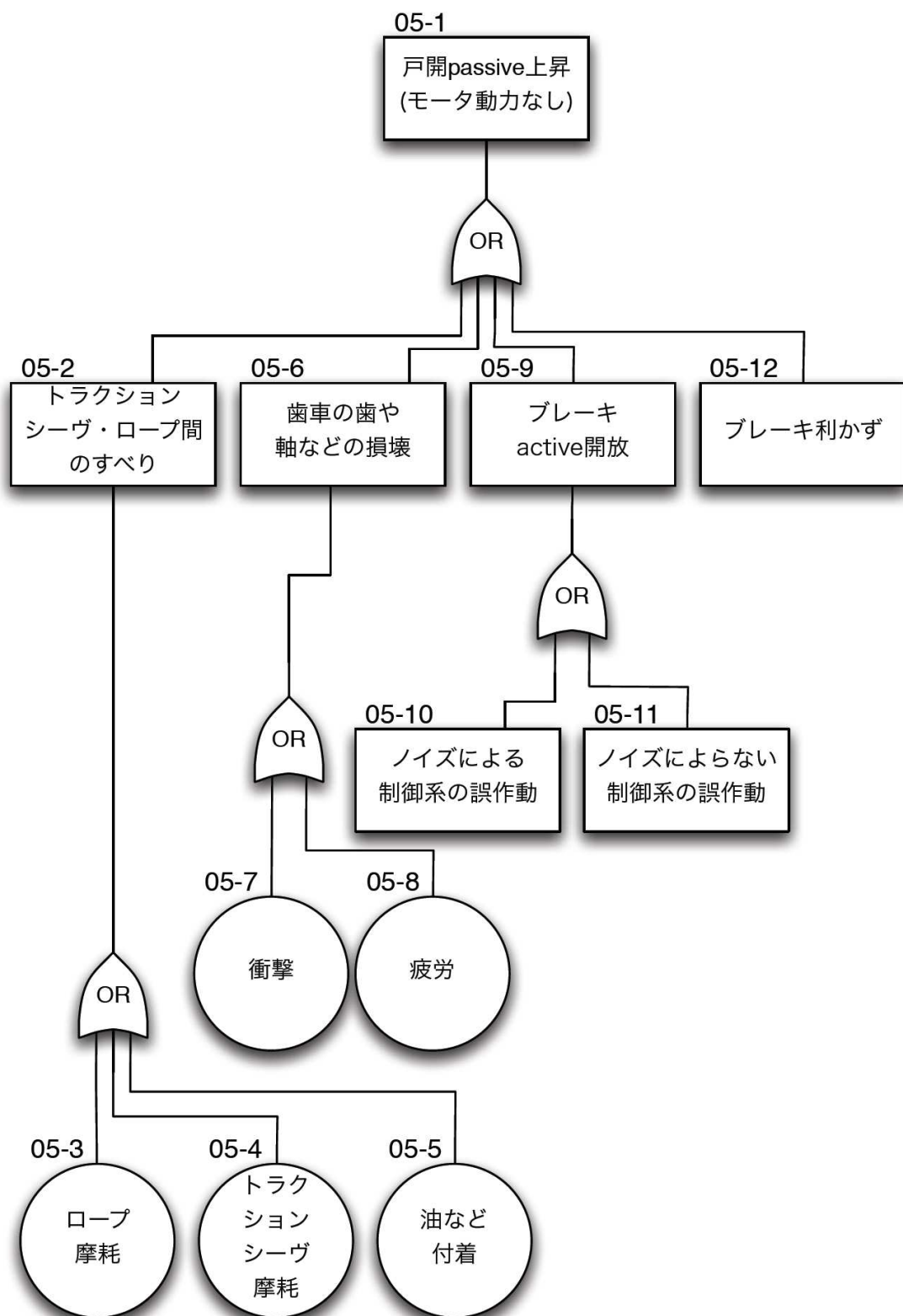
参考までに、このコネクタには脱落防止のツメなどはなかった。そのようなコネクタを利用すれば、脱落そのもののリスクが軽減されるだろう。

事故時にコネクタの脱落や接触不良があったかどうかは、事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。さらに、現物を調査しても明らかにならないと思われる。現場検証の際の記録は、この点を明らかにするのに役立つだろう。

04-8 ソフトウェアの不良

ソフトウェアにプログラムミス（バグ）があり、設計者の意図しなかった動作が起きることが考えられる。また、ノイズなどの影響により、ソフトウェアが損傷を受け、意図しない動作が起きることも考えられる。

7 月 20 日の実験 148 と 7 月 23 日の実験 156 では、事故機の同型隣接機である 4 号機を用いて、バグによる戸開上昇を起こすことを試みたが、現象は確認されなかった。他にもソフトウェアのバグらしい不具合は確認されていない。プログラムのソースコードが開示されなかったこともあり、プログラムの解析は行なっておらず、バグはあるともないとも断言できない。解析を行なえば、確認できる。



05 戸開passive上昇

05 戸開 passive 上昇

05-1 戸開 passive 上昇

モータによる動力がなく、いわば受動的（passive）にかごが動いた可能性につき、その仕組みを分析する。

この際、考えられるのは、カウンターウエイトによってかごが引き上げられた現象である。一般的に、カウンターウエイトの質量は、かごに最大積載荷重の半分程度の荷重が積まれている状態でかご側と釣り合うようになっている。事故状況では、定員 28 人のかごに 2 人しか乗っていなかったため、エレベータのかご側よりもカウンターウエイトの方が重かった。この質量の不釣り合いにより、カウンターウエイトが下がり、かごが上昇したことが考えられる。

製造元のシンドラ社によれば、かご質量は2,100kg。そこに人間 2 人と自転車 2 台が載っていたので、人間1 人が55kg、自転車1 台が10kg と考えると、合計130kg の積載荷重となり、かご側の合計質量は2,230kg である。一方のカウンターウエイト質量は、同じくシンドラ社によれば3,025kg なので、質量差は795kg となる。

通常であれば、質量の不釣り合いが存在しても、ブレーキが利いていれば、かごは動かないはずである。モータの動力によらず、かごが動いてしまうのは、どのような場合が考えられるかについて以下に記す。

05-2 トラクションシーヴ・ロープ間のすべり

エレベータのかごは、ロープで吊るされ、ロープは摩擦力でトラクションシーヴ（綱車・プーリー）によって巻き上げ、下ろされる。ロープとトラクションシーヴ間の摩擦力が不十分になれば、相互間にすべりが生じる。

05-3 ロープ摩耗

ロープの摩耗によって、例えばトラクションシーヴとの接触面積が小さくなったり、トラクションシーヴ溝による挟み込み力が弱まったりすることで摩擦力が低下すれば、トラクションシーヴとロープ間にすべりが起こりうる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、事故機のロープについてそのような摩耗は、報告されていない。現物で確認可能。

05-4 トラクションシーヴ摩耗

トラクションシーヴ側の摩耗によって、例えばロープとの接触面積が小さくなったり、トラクションシーヴ溝によるロープ挟み込み力が弱まったりすることで摩擦力が低下すれば、トラクションシーヴとロープ間にすべりが起こりうる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、事故機のトラクションシーヴについてそのような摩耗は、報告されていない。現物で確認可能。

05-5 油など付着

トラクションシーヴやロープに摩耗がなくとも、油などの付着により摩擦力が低下すれば、トラクションシーヴとロープ間にすべりが起こりうる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、事故機のトラクションシーヴおよびロープについて、過剰な油のような異物の付着は、報告されていない。現物で確認可能。ただし、一般的にロープの心鋼には、素線の防錆とロープ屈曲時の素線潤滑のため、もともとグリスが染み込ませてある。

05-6 歯車の歯や軸などの損壊

トラクションシーヴの軸は、減速機の歯車を介して、ブレーキの装着された駆動軸と繋がっている。トラクションシーヴにかかるトルクを支えているこれらの機械部品が損壊すれば、トラクションシーヴが回転できる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であったが、事故機の歯車の歯や軸に関して、このような損壊は報告されていない。現物で確認可能。

05-7 衝撃

歯車の歯や軸などの損壊の原因のひとつとして、過大な衝撃が考えられる。

05-8 疲労

歯車の歯や軸などの損壊のもうひとつの原因として、長期使用による疲労が考えられる。

05-9 ブレーキ active 開放

ブレーキが運転時のように active に開放してしまえば、かご側とカウンターウェイトの質量不釣り合いにより、かごが上昇をすると推測される。ブレーキが開放される仕組み（ノイズによる誤作動、および、ノイズによらない制御系の誤作動）については、戸開 active 上昇でも述べた通りである。

05-10 ノイズによる制御系の誤作動（ブレーキ開放）

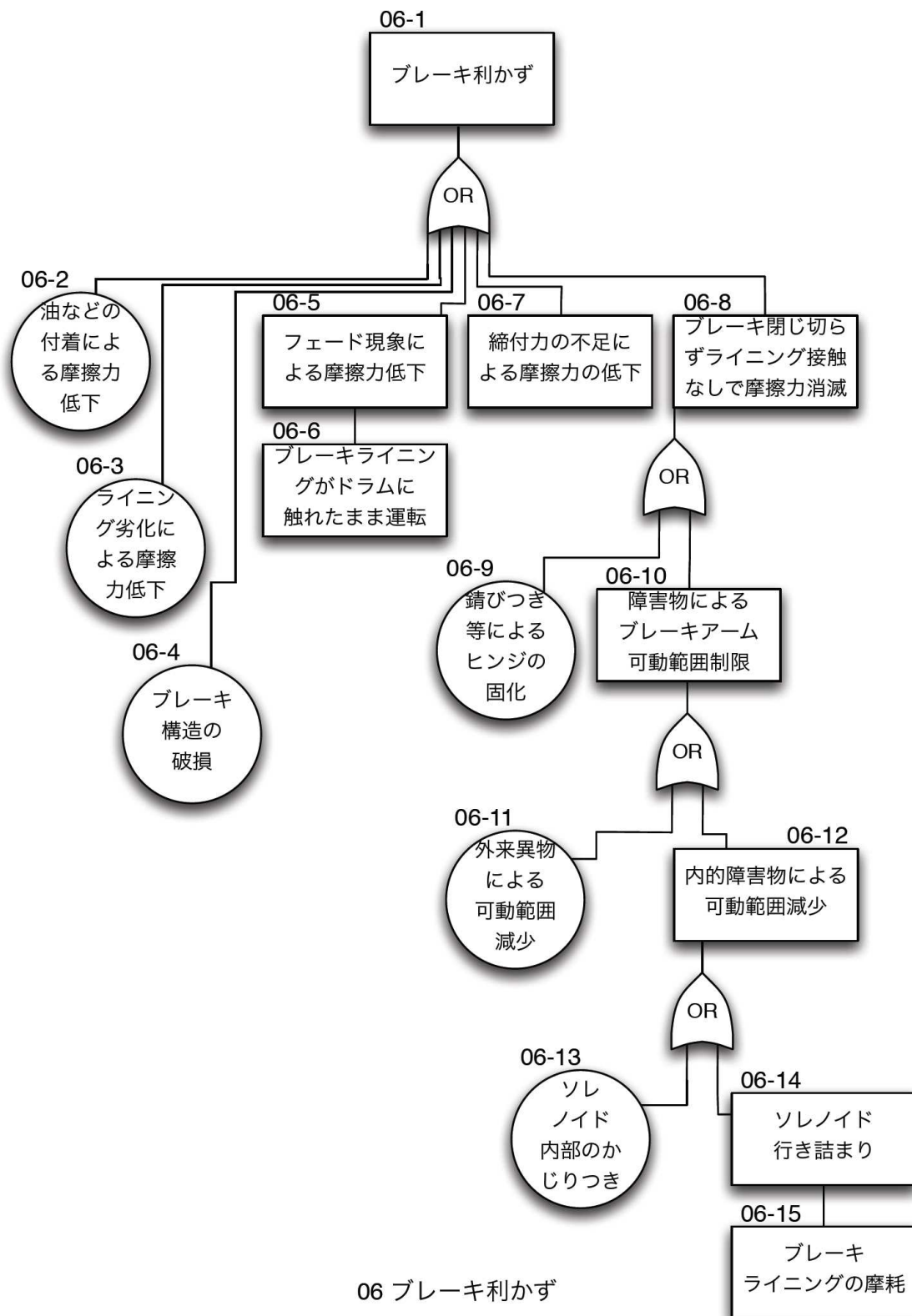
戸開 active 上昇の解説文02-14 参照

05-11 ノイズによらない制御系の誤作動（ブレーキ開放）

戸開 active 上昇の解説文02-15 参照

05-12 ブレーキ利かず

ブレーキの摩擦力は、ブレーキドラムにブレーキライニングを押さえつけることによって作り出されている。何らかの理由でこの摩擦力が弱まったりなくなったりすることがあれば、ブレーキが利かなくなる可能性が考えられる。詳しくは別図を用いて解説する。続きは「06 ブレーキ利かず」の項目を参照されたい。



06 ブレーキ利かず

06-1 ブレーキ利かず

ブレーキの構造は、ばねの復元力を用いてブレーキドラムにブレーキライニングを押さえつけるようになっており、摩擦力はそのドラムとライニングの間で作られ、何らかの理由でこの摩擦力が弱まる、もしくはなくなれば、ブレーキが利かなくなることが考えられる。

06-2 油などの付着による摩擦力低下

ブレーキドラムとブレーキライニングの間に油のような潤滑剤が過剰に付着すると、摩擦力と共に制動力が低下し、すべりが生じる可能性が考えられる。

2006 年 6 月 9 日付の毎日新聞などによると、事故後の現場検証によりブレーキに通常より多めの油が付着していたことが報道されている。しかし、事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、これだけでブレーキの滑りが生じるほどであるかどうかなど、詳細は本調査の範囲内ではわかっていない。現場検証の記録が最良の情報源だと思われる。

06-3 ライニング劣化による摩擦力低下

ブレーキライニングの摩擦力が、経年劣化や過熱による硬化で著しく低下すると、すべりが生じ易くなる可能性が考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。2006 年 6 月 9 日付の毎日新聞などによると、事故後の現場検証により事故後の事故機ではブレーキライニングの接触面が劣化していたと報道されている。しかし、これだけでブレーキの滑りが生じるほどであるかどうかなど、詳細は本調査の範囲内ではわかっていない。また、同じく劣化や過熱による材料の脆性化で、ライニングの表面がひび割れたり崩れ落ちたりするなどして、表面が荒れることが考えられ、その場合にも摩擦力が低下する可能性が考えられる。現物で確認可能。

06-4 ブレーキ構造の破損

ボルトが破損する、アームが変形する、ヒンジのピンが脱落するなど、機械的構造の異常により、ブレーキ構造が破損し、ブレーキが機能しなくなること

が考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であるが、本調査で確認した限り、事故機のブレーキ周りの部品に関して、このような損壊は報告されていない。現物で確認可能。

06-5 フェード現象による摩擦力低下

ブレーキライニングの過熱による摩擦力の低下（フェード現象）を検討する。

06-6 ブレーキライニングがドラムに触れたまま運転

ブレーキライニングが過熱する理由として、ブレーキライニングがドラムに触れたまま運転され、摩擦熱で熱くなることが考えられる。08「ブレーキライニングの摩耗」のFTA 図の、同名項目08-3 以下を参照されたい。

06-7 締付力の不足による摩擦力の低下

ブレーキアーム・ばね・ブレーキライニングによるブレーキドラムの締め付け力、すなわち、ブレーキライニングの押しつけ力が足りないと、摩擦力が低下し、すべりが生じる可能性が考えられる。詳細については別図を用いて分析する。続きは「07 締付力の不足による摩擦力の低下」の項目を参照されたい。

06-8 ブレーキ閉じ切らず、ライニング接触なしで、摩擦力消滅

ブレーキアームが開いたまま閉じ切らなくなり、ブレーキライニングがブレーキドラムに触れない状態になると、ブレーキが開放された時と同様に、ブレーキが効かなくなることが考えられる。

06-9 錆びつき等によるヒンジの固化

ブレーキアームのヒンジが、錆びつき等の理由により動きにくくなると、アームが閉じ切らなくなる可能性が考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、ブレーキアームのヒンジについて、上述のような固化は報告されていない。現物で確認可能。

06-10 障害物によるブレーキアーム可動範囲制限

何らかの機械的な障害物の存在により、ブレーキアームの可動範囲が制限され、ブレーキアームが閉じ切らなくなる可能性が考えられる。

06-11 外来異物による可動範囲減少

何らかの理由で飛来した金属片などが可動部に挟まることにより、ブレーキアームの可動範囲が制限されることが考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、上述のような異物のはさまれは報告されていない。現物もしくは現場検証の記録で確認可能。

06-12 内的障害物による可動範囲減少

外からの異物ではなく、もともとブレーキシステムの一部だったものが障害物となることが考えられる。現物もしくは現場検証の記録で確認可能。

06-13 ソレノイド内部のかじりつき

事故機のソレノイドは、両側のブレーキアームの間に吊り下がる様な形に設置されており、ソレノイド自体の質量によってその本体とコア間の摺動部が傷み、かじりつきを起こすことが考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、上述のようなかじりつきは報告されていない。現物で確認可能。

06-14 ソレノイド行き詰まり

ソレノイドのコアが本体奥深くまで押し込まれると、コアの端面が本体内壁に当たり、それ以上奥に進まなくなる。もしくは、ソレノイドの作動端に取り付けられたナットが、緩衝材を介して、本体外壁に当たり、それ以上奥に進まなくなる。どちらが起きるかは、ナットの取り付け位置による。P13 のブレーキシソレノイド断面図を参照されたい。

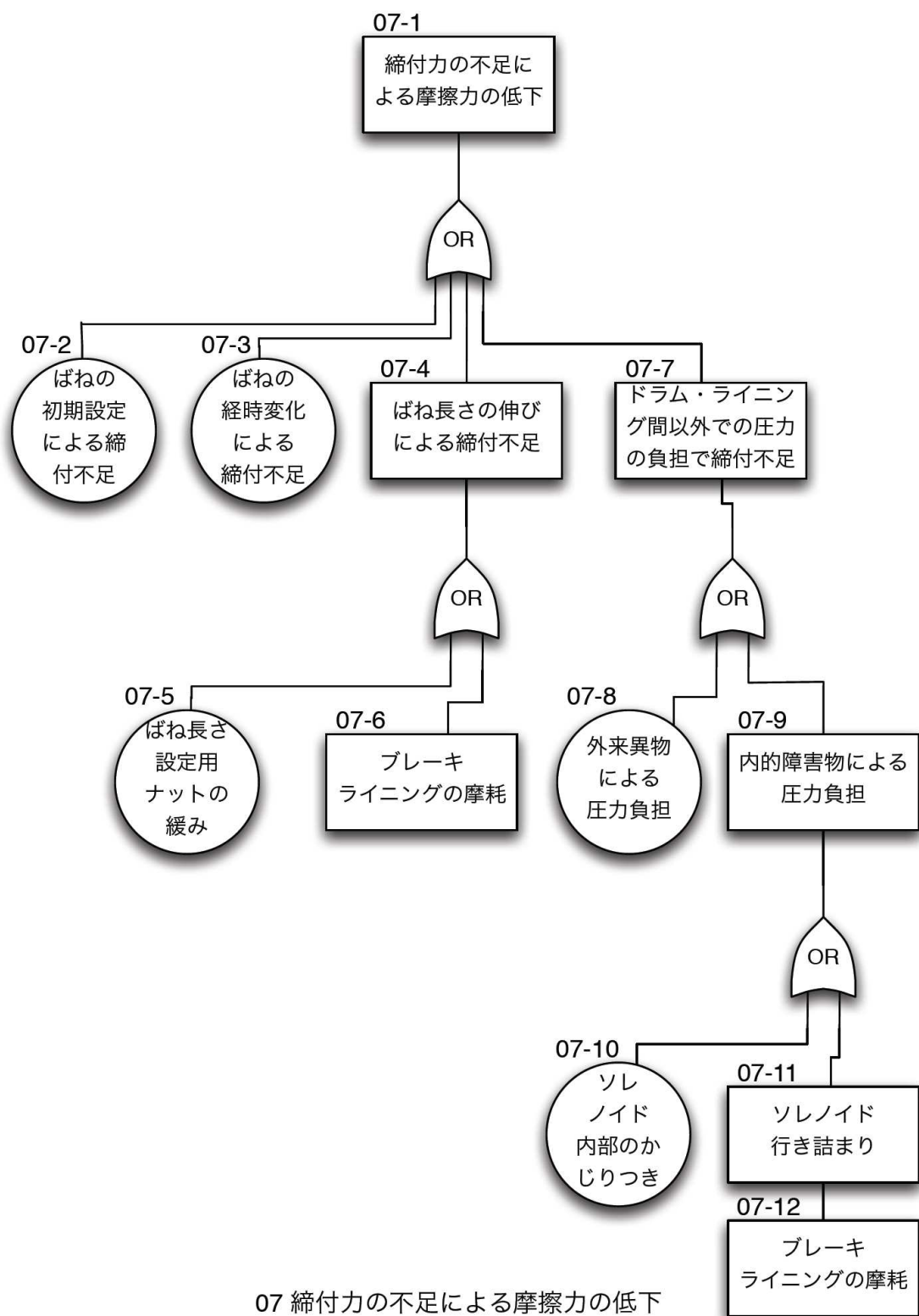
参考までに、コアが奥まで入り込むにつれて、ソレノイド本体は水平から下へ傾くような構造になっている。P12 のブレーキユニットの図を参照されたい。

なお、ソレノイドの突き当たり部位は、実験に際してシンドラ社から提供

されたソレノイドを用いて調べた。事故機のソレノイドがそれと全く同じかどうかは、現物が警察の管理下にあり、調べることができないため確認ができていない。

06-15 ブレーキライニングの摩耗

ソレノイドのストロークがもともとは正しく設定されていたと考えると、ソレノイドが行き詰まりを起こすほど、コアが奥深く押し込まれるには、ブレーキライニングが過度に摩耗して、ブレーキアームが通常以上に閉じられる必要がある。そうでないと、ブレーキライニングがつかえてアームが一定以上閉じないからである。2006 年 10 月 6 日付けの東京新聞では、ブレーキライニングは事故当時、摩耗していたと報道されている。また、2006 年 8 月 1 日付けの SEC 社による警察への事故の見解書でも、ブレーキライニングは事故当時、摩耗していたと書かれている。これらの記事や見解書での摩耗の判断基準は、新品の寸法から減じた摩耗だと思われるが、定かではない。ブレーキライニングの摩耗については別図を用いて詳しく解説する。続きは「08 ブレーキライニングの摩耗」の項目を参照されたい。



07 締付力の不足による摩擦力の低下

07-1 締付力の不足による摩擦力の低下

ブレーキアーム・ばね・ブレーキライニングによるブレーキドラムの締め付け力、すなわち、ブレーキライニングの押しつけ力が弱まると、摩擦力が低下し、すべりが生じる可能性が考えられる。その仕組みについて、以下に記す。

07-2 ばねの初期設定による締付不足

ブレーキアームを閉じるように設置されているばねの調整を誤り、締め付け力を十分に大きくしないと、その結果ブレーキライニングにかかる押し付け力が不十分となり、摩擦力不足が生じることが考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、上述のような設定ミスは報告されていない。事故の現場検証においてよほど精度の高い記録が残っていないかぎり、現物を用いても確認は困難である。

07-3 ばねの経時変化による締付不足

ブレーキアームを閉じるように設置されているばねが、経時変化で弱まるなどの理由で、その力が衰えた場合、ブレーキライニングにかかる力も弱まり、摩擦力不足に至ることが考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、上述のような経時変化は報告されていない。現物で確認可能。

07-4 ばね長さの伸びによる締付不足

ブレーキが閉じた状態でのブレーキアームを閉じるばねの長さが、何らかの理由で初期の設定長さより長くなり、自然長に近づけば、その余計な伸びの分だけ締め付け力が緩むことになる。事故の現場検証においてよほど精度の高い記録が残っていないかぎり、現物を用いても確認は困難である。

07-5 ばね長さ設定用ナットの緩み

ブレーキアームを閉じるばねの長さを設定しているナットが緩み、位置がず

れば、それだけばねが伸びてしまい、締め付け力が緩むことになる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、上述のようなナット緩みは報告されていない。事故の現場検証においてよほど精度の高い記録が残っていないかぎり、現物を用いても確認は困難である。

07-6 ブレーキライニング摩耗（ばね伸び）

ブレーキライニングが摩耗すれば、その分だけばねが伸び、締め付け力が緩むことになる。2006 年 10 月 6 日付けの東京新聞では、ブレーキライニングは事故当時、摩耗していたと報道されている。この記事の摩耗の判断基準は新品の寸法から減じた摩耗だと思われるが、定かではない。ブレーキライニング摩耗については、別図を用いて詳しく解説する。続きは「08 ブレーキライニング摩耗」の項目を参照されたい。

07-7 ドラム・ライニング間以外での圧力の負担で締付不足

ブレーキライニングの押しつけ力は、通常はブレーキライニングを介してブレーキドラムによって負担されているが、その力が別のところでも負担されれば、相対的に締め付け力の低下が起こる。

07-8 外来異物による圧力負担

飛来した固体のような外来の異物がはさまって、その結果ブレーキライニングの押しつけ力の一部がその異物に負担された可能性が考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、上述のような異物の存在は報告されていない。現物を用いた調査での確認が考えられるほか、現場検証の記録も参考になる。

07-9 内的障害物による圧力負担

外来の異物でなく、もともとブレーキシステムの一部だったものが障害物となったことが考えられる。現物を用いた調査での確認が考えられるほか、現場検証の記録も参考になる。

07-10 ソレノイド内部のかじりつき

事故機のソレノイドは、両側のブレーキアームの間に吊り下がる様な形に設置されており、ソレノイド自体の質量によってその本体とコア間の摺動部が傷み、かじりつきを起こすことが考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、上述のようなかじりつきは報告されていない。ソレノイドの分解によって確認することが考えられる。

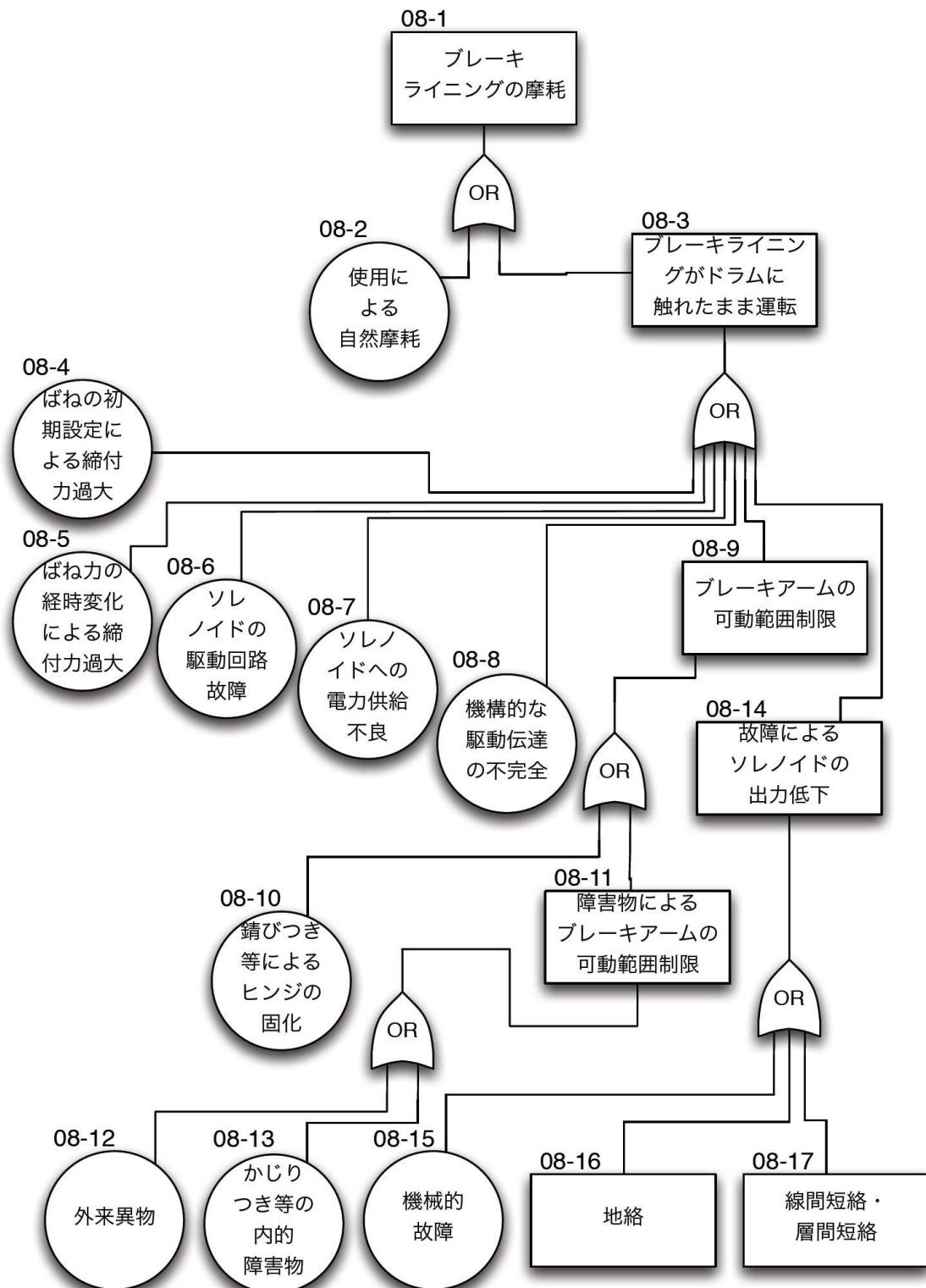
07-11 ソレノイド行き詰まり

ソレノイドのコアが本体奥深くまで押し込まれると、コアの端面が本体内壁に当たり、押し付け力の一部もしくは全部がここの接触で負担されることになる。もしくは、ソレノイドの作動端に取り付けられたナットが、緩衝材を介して、本体外壁に当たり、押し付け力の一部もしくは全部がここの接触で負担されることになる。どちらが起きるかは、ナットの取り付け位置による。

なお、ソレノイドの突き当たり部位は、実験に際してシンドラ社から提供されたソレノイドを用いて調べた。事故機のソレノイドがそれと全く同じかどうかは、現物が警察の管理下にあり、調べることができないため確認ができていない。

07-12 ブレーキライニングの摩耗

ソレノイドのストロークがもともと正しく設定されていたと考ええると、ソレノイドが行き詰まりを起こすほど、コアが奥深く押し込まれるという結果が生じるには、ブレーキライニングが過度に摩耗して、ブレーキアームが閉じられるという状態が生じていたことが考えられる。そうでないと、ブレーキライニングがつかえてアームが一定以上閉じないからである。2006 年 10 月 6 日付けの東京新聞では、ブレーキライニングは、事故当時、摩耗していたと報道されている。この記事の摩耗の判断基準は、新品の寸法から減じた摩耗なのだと思われるが、定かではない。ブレーキライニング摩耗については、別図を用いて詳しく解説する。続きは「08 ブレーキライニングの摩耗」の項目を参照されたい。



08 ブレーキライニング摩耗

08 ブレーキライニング摩耗

08-1 ブレーキライニング摩耗

ブレーキライニングが摩耗すると、徐々にブレーキアームを閉じるばねの長さが伸びるため、締め付け力が弱まってしまう。さらに摩耗が進行すると、コアの端面がソレノイド本体内壁に突き当たるか、ソレノイドの作動端に取り付けられたナットが、緩衝材を介して本体外壁に当たり、本来ならばブレーキライニングを介してブレーキドラムによって負担されるべき圧力が、その接触でも分担されてしまい、ますますブレーキの摩擦力が落ちてしまう。より一層摩耗が進むと、ブレーキドラムにかかるべき力は全てソレノイドの内部もしくは外壁にかかってしまうことになる。2006 年 10 月 6 日付けの東京新聞では、ブレーキライニングは、事故当時、摩耗していたと報道されている。この記事における摩耗の判断基準は、新品の寸法から減じた摩耗だと思われるが、定かではない。摩耗が進行する仕組みを、以下に詳しく述べる。

なお、ソレノイドの突き当たり部位は、実験に際してシンドラ社から提供されたソレノイドを用いて調べた。事故機のソレノイドがそれと全く同じかどうかは、現物が警察の管理下にあり、調べることができないため確認ができていない。

08-2 使用による自然摩耗

特別な故障がなくとも、通常の使用で微量ながら摩耗が発生していることが考えられる。しかし、このエレベータのブレーキは、動いているものを止めるためのブレーキではなく、止まっているものを止まったままの状態を保持しておくためのブレーキなので、通常使用によってはほとんど摩耗が起きないと考えられる。事故機のライニングを調査し、摩耗が認められたとしても、その摩耗の原因を特定することは困難だと思われる。

08-3 ブレーキライニングがドラムに触れたまま運転

ブレーキがきちんと開かず、ブレーキライニングが回転軸に触れたままの状態ではエレベータが運転されると、回転軸による摩擦でライニングが摩耗する。以下にブレーキが開かなくなる状態の原因について述べる。

08-4 ばねの初期設定による締付力過大

ブレーキには、常時ブレーキアームが閉じる方向にばねの圧力がかかっている。運転時にはソレノイドによってこのばねの力に打ち勝ち、ブレーキアームを広げるような仕組みになっている。ここで、ソレノイドの出力に対してばねの力が強すぎれば、ブレーキが開き切らないということが考えられる。エレベータ設置や保守点検作業で、ばねの締め付けを設定した際に、ブレーキが開き切らないほど締め付けを強く設定すると、試運転時に既にその問題が判明する。その際、設置要員やメンテナンス要員が設定をそのままに放置するという例外的な場合を除き、このような可能性は極めて低いと言えるだろう。ただ、事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。本調査の範囲では、ブレーキのばねの締め付け力について、強すぎたというような情報は得ていない。事故の現場検証においてよほど精度の高い記録が残っていないかぎり、現物を用いても確認は困難である。

08-5 ばね力の経時変化による締付力過大

経時変化でばねが硬化して、ブレーキアームが開きにくくなるようなことが考えられる。現物が無いので本書の作成者においては確認不可能であった。本調査の範囲では、事故機のばねについて、このような経時変化があったという情報は得ていない。現物の調査によって、確認が可能である。

08-6 ソレノイドの駆動回路故障

ソレノイドの駆動回路に故障があり、例えば自動車のABS のように開閉が高速に断続的に繰り返される様なことがあれば、ブレーキが開き切らない状態になる可能性が考えられる。現物が無いので本書の作成者においては確認不可能であった。本調査の範囲では、事故機のソレノイドの駆動回路について、故障があったという情報は得ていない。現物があれば、確認できるかもしれないが、それを探し当てるのは困難だと推測される。

08-7 ソレノイドへの電力供給不良

ソレノイドへの電力供給が弱く、定格の電流を供給できなかった場合などには、ソレノイドが出せる力が低下し、ブレーキが開き切らない可能性が考えられる。電源に問題がある場合のほか、ソレノイドのコネクタ部にコイルと並列

に設けられているダイオードの故障による電流不足も考えられる。後者の場合、ダイオード破壊によりその部分が短絡された時、抵抗 $150\ \Omega$ がダイオードと直列で設置されているため、 $44\ \Omega$ のコイルと並んで $34\ \Omega$ の抵抗となり、 $11\ \Omega$ の外部直列抵抗と併せて $45\ \Omega$ となるため、 100V がかかると 2.22A が流れる。そのうち、コイル側を流れるのは 1.72A であり、定格の 1.80A と比べて 4.4% の減少であるから、出力低下もその程度と考えられる。一方で、ダイオードの破壊によりその部分が開放され、すなわち電流が流れなくなり、逆起電力を吸収できなくなると、ソレノイドに電力を供給するリレーが開く際に接点でアークが飛び、導電性が低下し、すなわち抵抗となってソレノイドに供給される電流が低下することにつながり、結果としてソレノイドの出力低下を招くと考えられる。

現物が無いので本書の作成者においては確認不可能であった。本調査の範囲では、事故機のソレノイドへの電力供給について、問題があったという情報は得ていない。現物の試運転で問題が確認される場合も考えられるが、電源の供給不良が現地の環境と関係していた場合、今となっては確認は不可能である。

08-8 機構的な駆動伝達の不完全

ブレーキアームのストローク制限のナットが本来の位置からずれていたり、ソレノイドプランジャ側のブレーキアームにアイボルトを固定しているナットに緩みがあったりすると、ソレノイドが駆動された時にも、ブレーキアームにその動きが正常に伝達されず、開かないことが考えられる。たとえば、ふたつのブレーキアームのうち、片方のストローク制限が広すぎる場合、もう一方のブレーキアームに十分な力がかからず、開かないことが考えられる。また、ソレノイドプランジャ側のブレーキアームにアイボルトを固定しているナットに緩みがあると、そこで機構に遊びができてしまうため、ソレノイドの動きがブレーキアームに十分に伝わらず、アームが開かないことが考えられる。実物が調べられないので、本書の作成者においては確認不可能であった。本調査の範囲内では、事故機にそのようなナットの位置ずれや緩みがあったという情報は得ていない。関連情報として、2006年10月6日付けの東京新聞では、ブレーキまわりのボルトが緩んでいたという報道があったが、具体的にどのボルトが緩んでいたのかは把握できていない。事故の現場検証で精度の高い記録が残っていない限り、確認は困難だと思われる。

08-9 ブレーキアームの可動範囲制限

何らかの理由でブレーキアームの可動範囲が制限されてしまうと、ブレーキが開き切らなくなる可能性が考えられる。

08-10 錆びつき等によるヒンジの固化

ブレーキアームのヒンジが、錆びつき等の理由により動きにくくなると、アームが開き切らなくなる可能性が考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、ブレーキアームのヒンジについて、上述のような固化は報告されていない。現物を調査することにより、確認できると思われる。

08-11 障害物によるブレーキアームの可動範囲制限

何らかの機械的な障害物の存在により、ブレーキアームの可動範囲が制限され、ブレーキアームが開き切らなくなる可能性が考えられる。

08-12 外来異物

何らかの理由で飛来した金属片など、外来の異物が可動部に挟まることにより、ブレーキアームの可動範囲が制限されることが考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、上述のような異物のはさまれは報告されていない。これについては、現場検証の記録で確認をすべきだろう。

08-13 かじりつき等の内的障害物

外からの異物ではなく、もともとブレーキシステムの一部だったものが障害物となることが考えられる。例えば、事故機のソレノイドは、両側のブレーキアームの間に吊り下がる様な形に設置されており、ソレノイド自体の質量によってその本体とコア間の摺動部が傷み、かじりつきを起こすことが考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、上述のような内的障害物による不具合は報告されていない。現物の分解によって確認することが考えられる。

08-14 故障によるソレノイドの出力低下

ソレノイドの故障で出力低下が起きると、その程度によってはブレーキが開き切らなくなる。

08-15 機械的故障

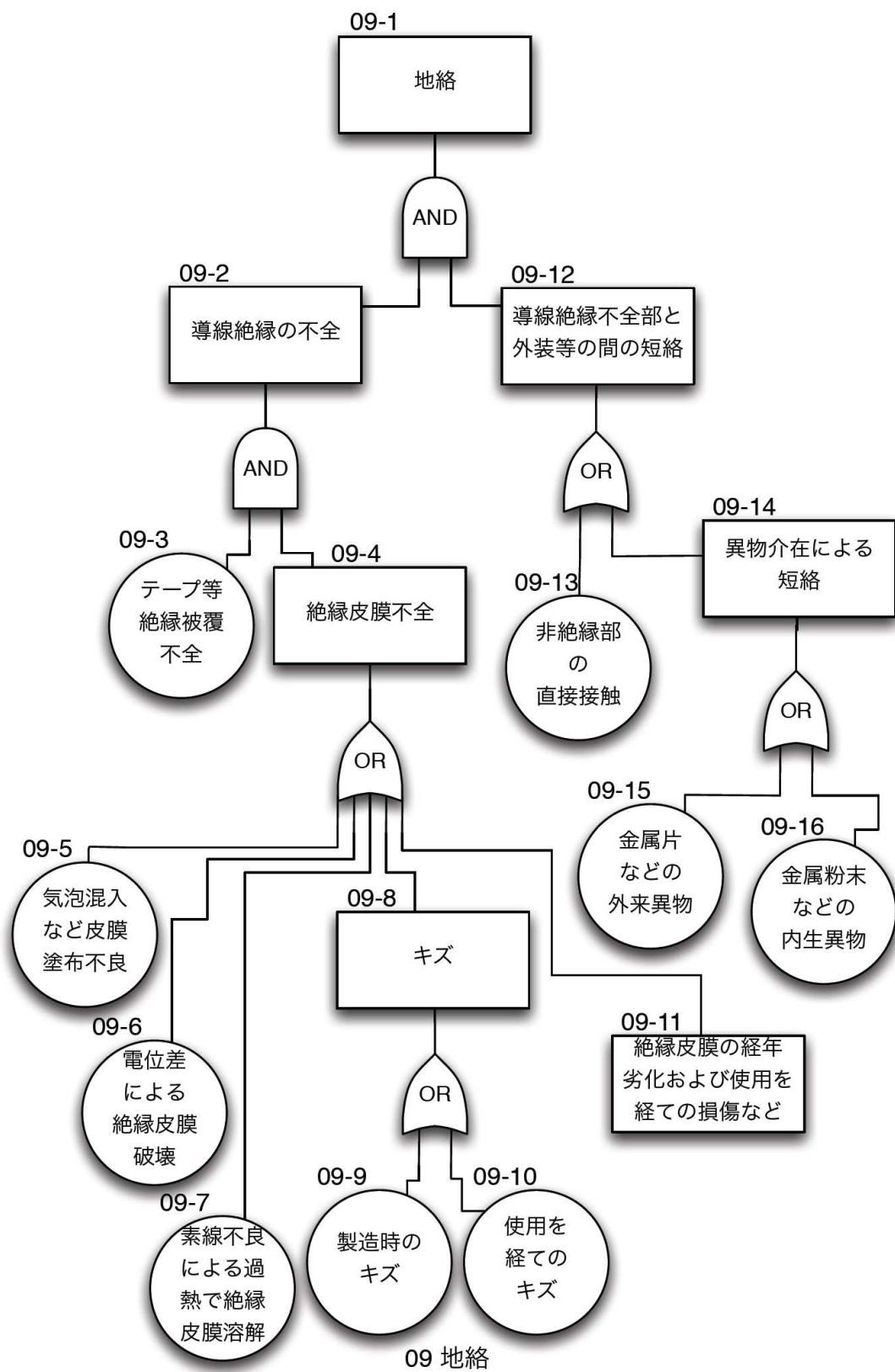
機械的故障によるソレノイドの出力低下もあり得るかと思われるが、具体的にどのような場合があるかについては、不明である。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。調査で知り得た範囲内では、機械的故障によるソレノイドの出力低下は報告されていない。ソレノイドの分解など、現物の調査によって確認することが考えられる。

08-16 地絡

本来ならばコイルを流れるべき電流が、途中からソレノイド外装などに対地短絡してしまい、その先のコイルに電流が流れないことから、出力低下が起きる可能性が考えられる。地絡については、別図を用いて詳しく述べる。続きは「09 地絡」の項目を参照されたい。

08-17 線間短絡・層間短絡

本来ならば線に沿ってコイル全体を流れるべき電流が、隣り合った線の間や、隣り合った層の間で起きた短絡箇所を介して流れ、コイルに部分的に電流の流れないところが生じ、出力低下が起きる可能性が考えられる。線間短絡・層間短絡については、別図を用いて詳しく述べる。続きは「10 線間短絡・層間短絡」の項目を参照されたい。



09 地絡

09-1 地絡

本来ならばコイルを流れるべき電流が、途中からソレノイド外装などに対地短絡してしまい、その先のコイルに電流が流れないことから、出力低下が起きる可能性が考えられる。

なお、以下では実験のために4号機の予備としてシンドラ社から提供されたソレノイドの構造を基に考察を行なっている。シンドラ社によれば、予備として提供されたソレノイドは事故機に搭載されていたものと全くの同型である。しかし、本調査において、現物が警察の管理下にあり、調べることができないため、同一性の確認はしていないことに留意されたい。

09-2 導線絶縁の不全

外装と短絡するためには、導線の絶縁不全が必要である。絶縁皮膜のある導線でコイルが巻かれ、その周りには絶縁テープが巻かれているので、その両方に欠陥がある時に地絡が起きる可能性が考えられる。ソレノイドの分解によって確認することが考えられる。

09-3 テープ等絶縁被覆不全

コイルの周りに巻かれる絶縁テープなどの絶縁被覆に、キズや巻きそこないなどの不全があり、その下に絶縁をされていない導線があれば、その部分を介して地絡が起きる可能性が考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。ソレノイドの分解によって確認することが考えられる。

09-4 絶縁皮膜不全

コイル導線の絶縁皮膜不全。詳細は以下の解説を参照。

09-5 気泡混入など皮膜塗布不良

気泡混入による、いわゆるピンホールなど、絶縁皮膜の塗布不良。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては

確認不可能であった上、仮にそのような不良があっても発見は困難である。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。

09-6 電位差による絶縁皮膜破壊

通常使用や、落雷によるノイズを含む電源不安定などによる、電位差を原因とする絶縁皮膜破壊。前述の皮膜塗布不良箇所や、後述のキズや劣化があると、さらに発生し易くなる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった上、仮にそのような絶縁被膜破壊があっても発見は困難である。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。

09-7 素線不良による過熱で絶縁皮膜溶解

素線の線材に不純物が混入するなどの不良があると、その部位が使用中に局部的に過熱することがあり、それがもとで絶縁皮膜の溶解が起きる場合がある。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった上、仮にそのような不良があっても発見は困難である。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。

09-8 キズ

絶縁皮膜にもともと不良がなくとも、何かにひっかかれるなどの理由でキズができてしまう可能性が考えられる。

09-9 製造時のキズ

組み立て時など、製造時にキズができた可能性が考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。ソレノイドの分解によって確認することが考えられる。

09-10 使用を経てのキズ

製造時にはキズがなくとも、例えば製造時にソレノイド内部に混入した鋭利な異物が使用と共に動くことで、キズができてしまうようなことが考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。ソレノイドの分解によって確認することが考えられる。

09-11 絶縁皮膜の経年劣化および使用を経ての損傷など

絶縁皮膜が、使用を経て、古くなることにより、劣化することが考えられる。これについては、別図を用いて詳しく述べる。続きは「11 絶縁皮膜の経年劣化および使用を経ての損傷など」の項目を参照されたい。

09-12 導線絶縁不全部と外装等との間の短絡

地絡では、導線の絶縁されていない部分から金属製の外装等へ電流が流れるため、どこかでそれらが短絡されていなければならない。

09-13 非絶縁部の直接接触

導線のむき出しになった部分が、直接金属製外装の内面に接触するなど、直接接触による短絡。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。また、本調査の範囲内で、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。ソレノイドの分解など、現物の調査によって確認することが考えられるが、分解作業の影響で内部の部品が動いてしまうなどで、確認できなくなることも考えられる。

09-14 異物介在による短絡

導線と外装などの直接接触ではなく、導電性の異物が介在することによっての短絡。

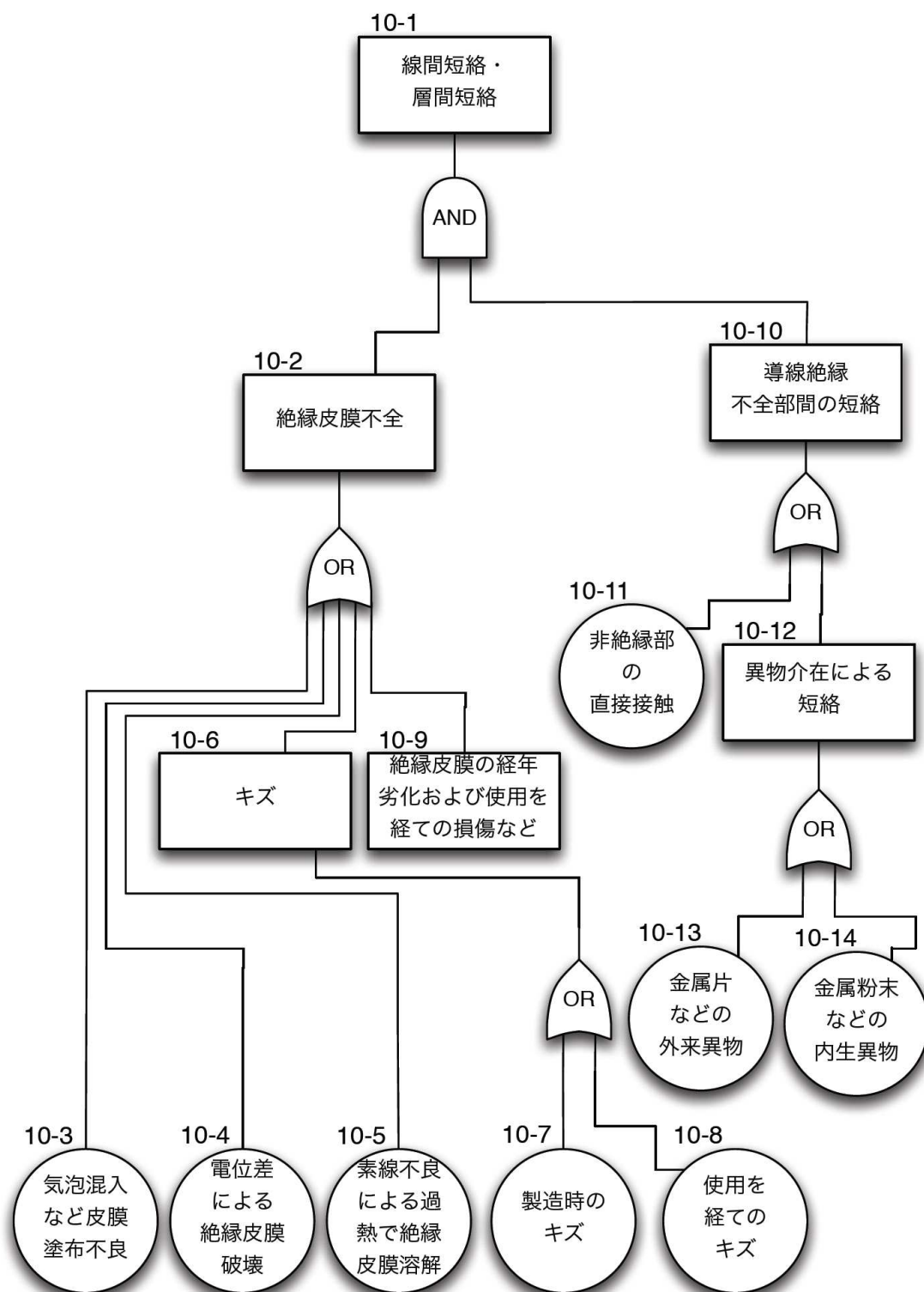
09-15 金属片などの外来異物

短絡の際の介在異物として、何かが外部からソレノイド内部に入り込むことが考えられる。実験の際に予備としてシンドラ社から提供されたソレノイド

の構造からすると、構造的には密閉されており、異物が入り込む余地はあまりないと考えられる。ただし、類似現象として、ソレノイド製作時に、金属片などが内部に入ってしまった可能性は否定できない。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。ソレノイドの分解によって確認することが考えられる。

09-16 金属粉末などの内生異物

ソレノイドの長年の駆動により、金属部品の摩耗が起き、それに伴い発生した金属粉末が内部にたまるなどの現象が考えられる。特に、事故機のソレノイドは、両側のブレーキアームの間に吊り下がるような形に設置されており、ソレノイド自体の質量がかかるため、本体とコア間の摺動部が摩耗をする可能性が考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。ソレノイドの分解によって確認することが考えられる。



10 線間短絡・層間短絡

10 線間短絡・層間短絡

10-1 線間短絡・層間短絡

本来ならば線に沿ってコイル全体を流れるべき電流が、隣り合った線の間や、隣り合った層の間で起きた短絡箇所を介して流れ、部分的に電流の流れないところが生じ、出力低下が起きる可能性が考えられる。

なお、以下では実験のために4号機の予備としてシンドラー社から提供されたソレノイドの構造を基に考察を行なっている。シンドラー社によれば、予備として提供されたソレノイドは事故機に搭載されていたものと全くの同型であるとのことである。しかし、本調査においては、現物が警察の管理下にあり、調べることができないため、同一性の確認はしていないことに留意されたい。

10-2 絶縁皮膜不全

コイル導線の絶縁皮膜不全。なお、場所によっては巻き線間にも絶縁テープが用いられている部分があり、その部分が短絡するためには、テープにキズがあるなどの不全が追加条件として必要となってくる。

10-3 気泡混入など皮膜塗布不良

気泡混入による、いわゆるピンホールなど、絶縁皮膜の塗布不良。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった上、仮にそのような不良があっても発見は困難である。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。

10-4 電位差による絶縁皮膜破壊

通常使用や、落雷によるノイズを含む電源不安定などによる、電位差を原因とする絶縁皮膜破壊。前述の皮膜塗布不良箇所や、後述のキズや劣化があると、さらに発生し易くなる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった上、仮にそのような皮膜破壊があっても発見は困難である。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。

10-5 素線不良による過熱で絶縁皮膜破壊

素線の線材に不純物が混入するなどの不良があると、その部位が使用中に局部的に過熱することがあり、それがもとで絶縁皮膜の溶解が起きる場合がある。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった上、仮にそのような絶縁被膜破壊があっても発見は困難である。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。

10-6 キズ

絶縁皮膜にもともと不良がなくとも、何かにひっかかれるなどの理由でキズができてしまう可能性が考えられる。

10-7 製造時のキズ

組み立て時など、製造時にキズができた可能性が考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。ソレノイドの分解によって確認することが考えられる。

10-8 使用を経てのキズ

製造時にはキズがなくとも、例えば製造時にソレノイド内部に混入した鋭利な異物が使用と共に動くことで、キズができてしまうようなことが考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。ソレノイドの分解によって確認することが考えられる。

10-9 絶縁皮膜の経年劣化および使用を経ての損傷など

絶縁皮膜が、使用を経て、また、古くなることにより、劣化することが考えられる。これについては、別図を用いて詳しく述べる。続きは「11 絶縁皮膜の経年劣化および使用を経ての損傷など」の項目を参照されたい。

10-10 導線絶縁不全部間の短絡

線間短絡・層間短絡は、導線の絶縁されていない部分同士が短絡した不良である。

10-11 非絶縁部の直接接触

導線のむき出しになった部分同士が、直接接触することによる短絡。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。また、本調査の範囲内で、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。ソレノイドの分解によって確認することが考えられる。

10-12 異物介在による短絡

導線の直接接触ではなく、導電性の異物が介在することによっての短絡。

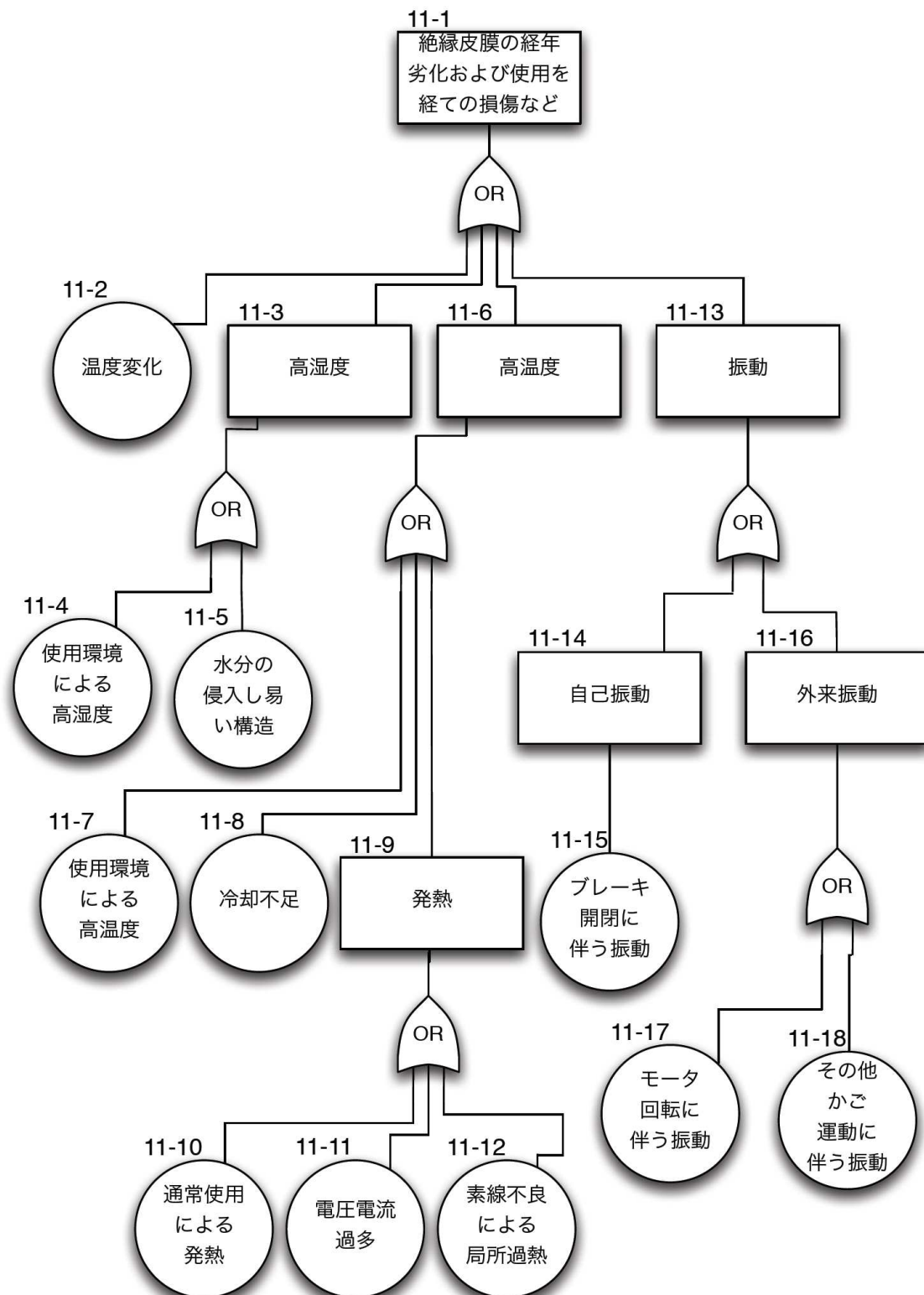
10-13 金属片などの外来異物

短絡の際の介在異物として、何かが外部からソレノイド内部に入り込むことが考えられる。実験の際に、予備としてシンドラ社から提供されたソレノイドの構造からすると、構造的に密閉しているので、異物が入り込む余地はあまりないと考えられる。ただし、類似現象として、ソレノイド製作時に、金属片などが内部に入ってしまった可能性は否定できない。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。ソレノイドの分解によって確認することが考えられる。

10-14 金属粉末などの内生異物

ソレノイドの長年の駆動により、金属部品の摩耗が起き、それに伴い発生した金属粉末が内部にたまるなどの現象が考えられる。特に、事故機のソレノイドは、両側のブレーキアームの間に吊り下がる様な形に設置されており、ソレノイド自体の質量がかかるため、本体とコア間の摺動部がそうでない時以上に摩耗をする可能性が考えられる。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。また、本調査

の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。ソレノイドの分解によって確認することが考えられる。



11 絶縁皮膜の経年劣化および使用を経ての損傷など

11 絶縁皮膜の経年劣化、および使用を経ての損傷など

11-1 絶縁皮膜の経年劣化、および使用を経ての損傷など

絶縁皮膜が、使用を経て、また、古くなることにより、劣化することが考えられる。以下では劣化を加速させるような諸条件について述べる。ここで、度合いの違いはあっても常に存在することがらについては、調査確認の方法は特に記さない。

11-2 温度変化

加熱冷却が繰り返されることによって、熱膨張と収縮が起こるため、金属線や絶縁皮膜の疲労などによって、劣化が加速されることが考えられる。

11-3 高湿度

湿度が高いと、素線の絶縁皮膜の吸水脆性や金属線の酸化によって、劣化が加速されることが考えられる。

11-4 使用環境による高湿度

もともと高湿度環境であれば、湿度の影響は強くなりやすいと考えられる。事故現場の東京都港区芝は、特別に湿度が高いわけでも低いわけでもなく、湿度の面では特殊環境ではないと考えられる。

11-5 水分の侵入し易い構造

実験の際に用意された予備のソレノイドは、外部に対して大きな隙間がなく、本体内部にあまり水分が出入りしないような構造になっている。しかし、それを分解した際、内部に錆びが確認されたので、外部から水分が相当量侵入していた可能性は否定できない。この考察が正しいとすると、同様に事故機においてもソレノイド内部に水分が侵入していたかもしれないと推測できる。しかし、確認された錆びがソレノイド組立て以前に生じたものかもしれない、その場合は上記の推測は間違いということになる。

11-6 高温度

温度が高いことにより、劣化が加速されることが考えられる。

11-7 使用環境による高温度

もともと高温度環境であれば、温度の影響は強くなりやすいと考えられる。事故現場の東京都港区芝は、特別温度が高いわけでも低いわけでもなく、温度の面では特殊環境ではないと考えられる。

11-8 冷却不足

ソレノイドは通電すると発熱するが、冷却が少なければそれだけ温度の高い状態が持続され、その分、劣化も加速されると考えられる。事故機ではもともとソレノイド専用の強制冷却装置は設置されていない。しかし、エレベータ駆動用モータのための冷却ファンが設置されているのだが、たまたまその風が当たる場所にソレノイドが配置されている。それによって若干の冷却効果が生じる。事故機では、港区事故調査委員会の第1 次中間報告書によれば、事故の約1 ヶ月半前の4 月15 日に冷却ファンが騒音のために取り外されているので、そのためにこの副次的な冷却効果が無くなったと考えられる。

11-9 発熱

ソレノイドの使用に関連する発熱が考えられる。

11-10 通常使用による発熱

ソレノイドは通電することで発熱する。（定格の80V, 1.8A で考えると、144W の発熱率である。）継続して通電していると、温度が高くなり、結果的に絶縁皮膜が傷む。このため、そのような影響を一定水準以下に抑える基準として、稼働率が定められている。ソレノイドの銘版に記載されている定格稼働率は40%であるが、利用が多い時にはそれを超える使用も考えられ、その際には好ましくない状態まで温度上昇することが考えられる。もちろん、定格稼働率以内での使用でも、劣化は徐々に進行する。

11-11 電圧電流過多

何らかの理由でソレノイドに定格以上の電圧がかかり、もしくは、定格以上の電流が流れた場合には、通常以上の発熱が起これると考えられる。例えば電圧調整のためにソレノイドと直列に繋がれている可変抵抗の値が低くなっていれば、その分だけ余計な電圧がソレノイドにかかる。事故を起こしたエレベ

タの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。現物を調べても必ずしも確認はできない。

11-12 素線不良による局所過熱

素線の線材に不純物が混入するなどの不良があると、その部位が使用中に局所的に過熱することがある。事故を起こしたエレベータの現物を用いて検証できないので、本書の作成者においては確認不可能であった上、仮にそのような不良があっても発見は困難である。また、本調査の範囲内では、事故機について、このような症状に関する情報は確認されていない。

11-13 振動

振動が加わることで、コイルの巻き線が揺れ、隣接する線とこすれ合って、損傷すると考えられる。特に、経年劣化で脆性化した絶縁皮膜が、振動によって傷つくことが考えられる。なお、コイルの巻き線は、個々の線の振動防止のために樹脂で固められることがあるが、実験時に予備として用意されたソレノイドでは、このような処置は施されていなかった。

11-14 自己振動

ソレノイド自体の駆動による振動

11-15 ブレーキ開閉に伴う振動

ブレーキ開閉の際のソレノイド駆動により起こる振動。事故機では、ソレノイドが左右のブレーキアームに支持される構造になっていたため、開閉に伴いソレノイド自体にも大きな振動が加わった。同型機である4号機を用いて7月4日に行なわれた振動測定では、最大で、絶対値にして4.0G、peak-to-peak で6.0Gの加速度が記録された。

11-16 外来振動

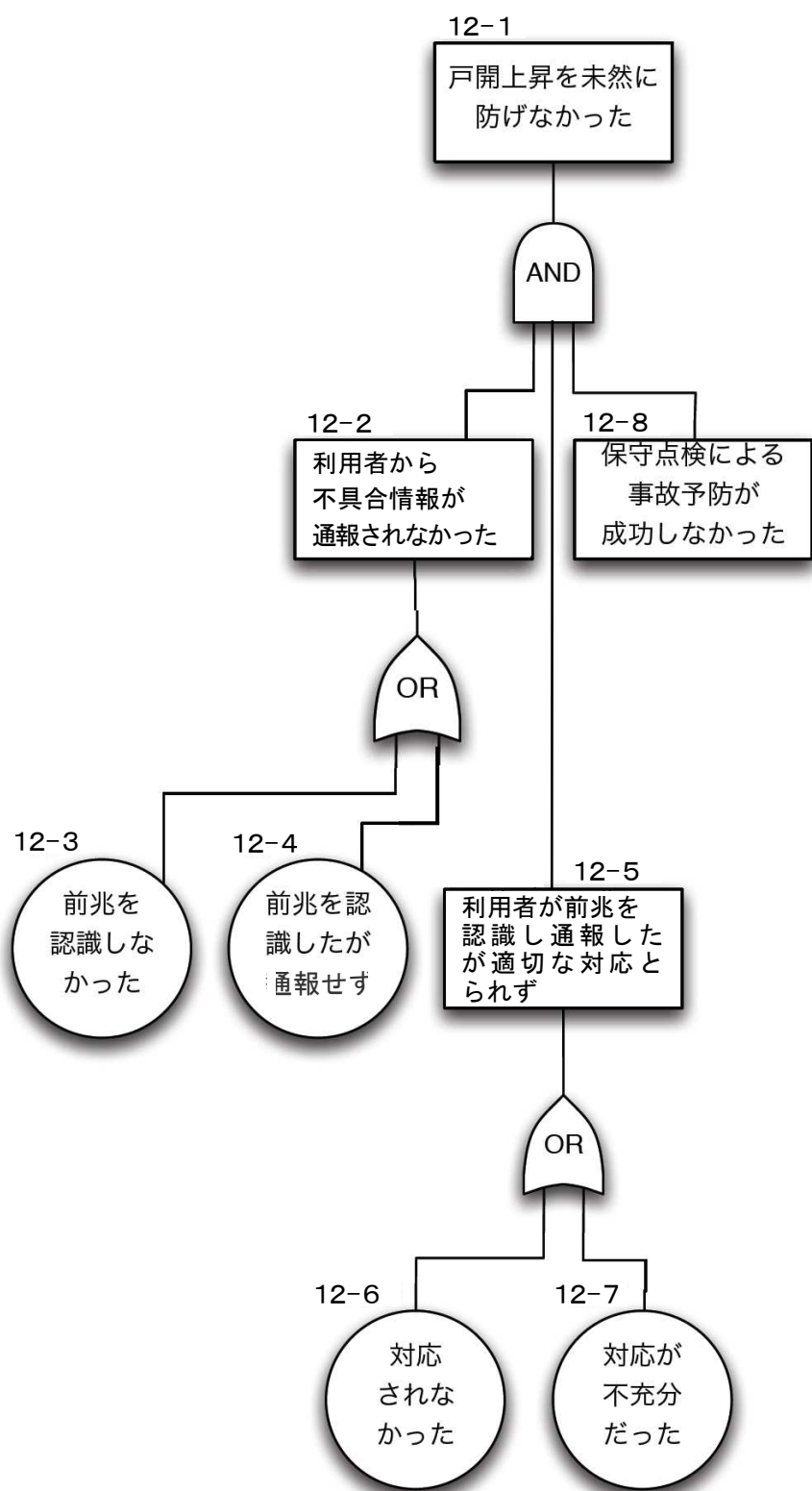
ソレノイドによらない振動

11-17 モータ回転に伴う振動

エレベータ運転のためのモータ回転に伴い発生する振動。

11-18 その他かご運動に伴う振動

減速機からの振動や、トラクションシーヴとロープの摩擦振動など、ソレノイドやモータに起因しない振動。



12 戸開上昇を未然に防げなかった

12 戸開上昇を未然に防げなかった

12-1 戸開上昇を未然に防げなかった

そもそも事故につながるような戸開上昇をなぜ未然に防げなかったか分析する。なお、ここでは、人間による対策で予防ができなかったことについて考察する。より一般的には、エレベータの設計変更によって戸開上昇を未然に防ぐことも考えられるが、ここのFTA 分析では事故時のエレベータの設計の当否は問わずに、そのままの設計を前提条件としての事故原因究明を行なう。設計変更の提案については、後の改善提案のセクションに記述する。

12-2 利用者から不具合情報が通報されなかった

事故は、利用者が不具合情報を通報し、それに対して適切な対応がされていれば、予防できた可能性がある。

12-3 前兆を認識できなかった

利用者が前兆を認識できていたならば、点検などの要請が出たであろう。

港区の調査報告書によれば、事故機および隣接の 4 号機に関して、以前からトラブルが発生しており、利用者からも通報がされている。例えば、港区事故調査委員会の第 1 次中間報告書によれば、事故の約5 ヶ月前の 1 月 11日には、前年の2005 年7 月23 日に発生した地震以降、運転中の振動、異音、緊急停止、閉じ込めが多発しており、不安であるとの申し立てがあった。このように、利用者は事故機に関して一般的には安全意識を持っていたことが伺われるが、今回の事故の前兆に気付くことができたかどうかは分からない。この気付きは、事故の原因が定かでないので、確認が不可能である。ここでは、参考までに、電磁ノイズによる制御エラーによる事故と、ブレーキ摩耗による事故の二通りに限定して、前兆があり、それらが利用者に感知されていたかどうかを検証する。ただし、この二通りのみを記述することによって、事故がほかの原因によって起きた可能性を否定するものではない。

電磁ノイズが原因と思われる不具合については、前述のように事故の約5 ヶ月前に緊急停止や閉じ込めが報告されていることから、この前兆たる危険は感知されていたと考えられよう。しかし、これらの症状に対して、対処が取られ、問題が解決されたのかについては、明確な記録がなく、また、事故の前まで同

様の症状が続いていたかについても、記録がない。よって、事故の原因となったかもしれない電磁ノイズ起因の不具合が、本当に利用者によって感知されていたかどうかは、確認できない。

次に、ブレーキ摩耗による事故の前兆について検証する。その前兆としては、運転の際の速度や加速度の異常、振動、異音、異臭などが考えられる。2007 年 7 月 25 日以降に行なわれた一連のブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験では、ブレーキを強く締めたまま運転した際には、速度異常や加速度異常が確認された。しかしこのような症状が事故前に通報されたという記録は残っていない。一方で、実験においては特殊な振動や異音は確認されなかった。前述のように事故の約 5 ヶ月前に振動や異音が通報されていることから、実験においては再現されなかったが、ブレーキ摩耗が原因でこのような症状が起きていたとしたら、この前兆たる危険は感知されたと考えられる。しかし、これらの症状に対して、対処が取られ、問題が解決されたのかについては、明確な記録がなく、また、事故の前まで同様の症状が続いていたかについても、記録がない。よって、事故の原因となったかもしれないブレーキ摩耗起因の不具合が、振動や異音という形で、本当に利用者によって感知されていたかどうかは、確認できない。ブレーキ摩耗に伴う異臭は、実験では機械室のすぐ下になる 23 階の乗り場から、21 階の乗り場までで確認された。一方で、このような症状が事故前に通報されたという記録は残っていない。ただし、事故の際に上層階の住民のひとりが臭いを感じたという情報は確認されている。

以上では、参考までに、電磁ノイズによる制御エラーによる事故と、ブレーキ摩耗による事故の二通りに限定して、前兆があり、それらが利用者に感知されていたかどうかを検証した。ただし、この二通りのみを記述したことによって、事故がほかの原因によって起きた可能性を否定するものではない。

以上で述べたように、何らかの不具合を認識し、それを通報していると考えられるが、それらが事故の直接的な前兆であったかどうかは確認できない。

12-4 前兆を認識したが通報せず

利用者が事故の前兆現象を認識したにもかかわらず、建物の管理者などに通報しなかった可能性が考えられる。その理由として、たまたま起きた不具合であり、自分が通報するまでもないとの判断をした；通報し忘れた；今までにも起きていたと思われる不具合であるから、わざわざ通報しなかった；通報をし

でも管理者はどうせ対応してくれないであろうから、わざわざ通報しなかった；などの理由が考えられる。当時の記録があれば確認可能。証言からも一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。

12-5 利用者が前兆を認識し通報したが適切な対応とられず

利用者が前兆を認識して、通報したにもかかわらず、適切な対応がとられなかった可能性が考えられる。

12-6 対応されなかった

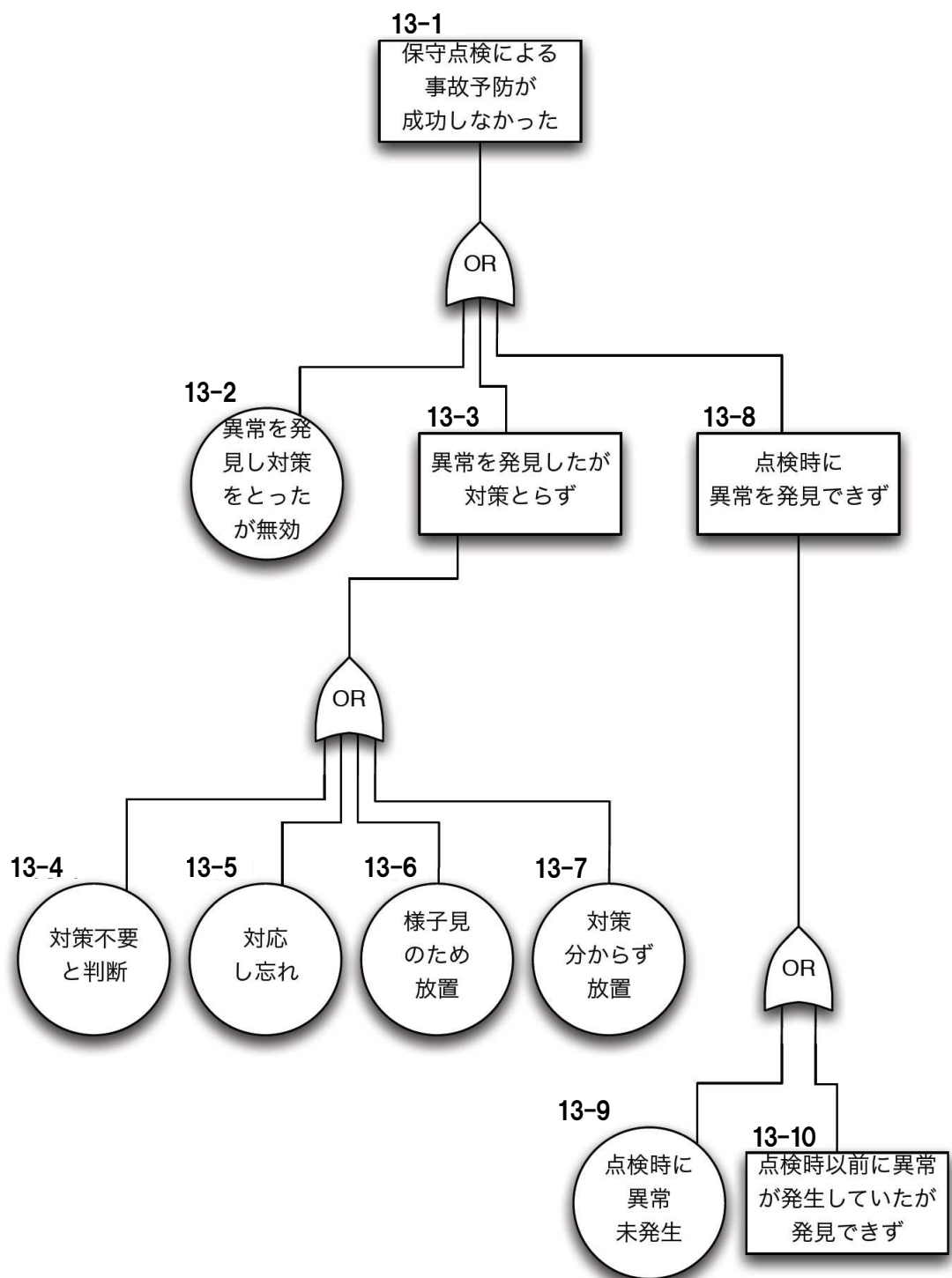
利用者による通報に対して、修理や点検などの対応が何もしられなかった可能性が考えられる。当時の記録があれば確認可能。証言からも一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。

12-7 対応が不十分だった

利用者による通報に対して、修理や点検の対応がされたが、不具合の原因が発見できず、十分な対応ができなかった可能性が考えられる。実際、不具合の通報に対応して検査業務が行なわれたが、不具合が再現されなかったために原因が分からず、対処ができなかったということが、この事故機では過去に起きている。当時の記録があれば確認可能。証言からも一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。

12-8 保守点検による事故予防が成功しなかった

定期点検など、保守点検による事故予防が成功しなかった可能性が考えられる。これについては別図を用いて詳しく解説する。続きは「13 保守点検による事故予防が成功しなかった」の項目を参照されたい。



13 保守点検による事故予防が成功しなかった

13 保守点検による事故予防が成功しなかった

なお、以下は保守点検についての本件事故の原因となりうる事項の可能性とその検討にすぎず、実際に行われた保守点検の当否について言及するものではない。

13-1 保守点検による事故予防が成功しなかった

定期点検など、保守点検による事故予防が成功しなかった可能性が考えられる。

13-2 異常を発見し対策をとったが無効

異常を発見し、対策をとったが、修理の仕方を間違えるなど、それが無効であった可能性が考えられる。当時の記録があれば確認可能。証言からも一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。

13-3 異常を発見したが対策とらず

異常の存在には気付いていても、それに対して対策をとらなかった可能性が考えられる。当時の記録があれば確認可能。証言からも一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。

13-4 対策不要と判断

対策をしなくても大丈夫だと判断した可能性が考えられる。当時の記録があれば確認可能。証言からも一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。

13-5 対応し忘れ

修理などで対応する予定だったが、忘れてしまった可能性が考えられる。当時の記録があれば確認可能。証言からも一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。

13-6 様子見のため放置

異常の存在に気付いていたが、早急な対応が必要とは判断せず、様子を見る

ために放置しておいたうちに事故に至った可能性が考えられる。当時の記録があれば確認可能。証言からも一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。

13-7 対策分からず放置

異常は発見していたが、どう対処してよいのかが分からず、そのまま放置していた可能性が考えられる。知識不足、経験不足、取り扱い説明書がないことなどによる情報不足などの理由が考えられるほか、責任感の欠如が考えられる。当時の記録があれば確認可能。証言からも一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。

13-8 点検時に異常を発見できず

事故前最終点検の際には異常を発見できなかった可能性が考えられる。最終点検は5月26日に行なわれた。事故は8日後の6月3日に起きた。

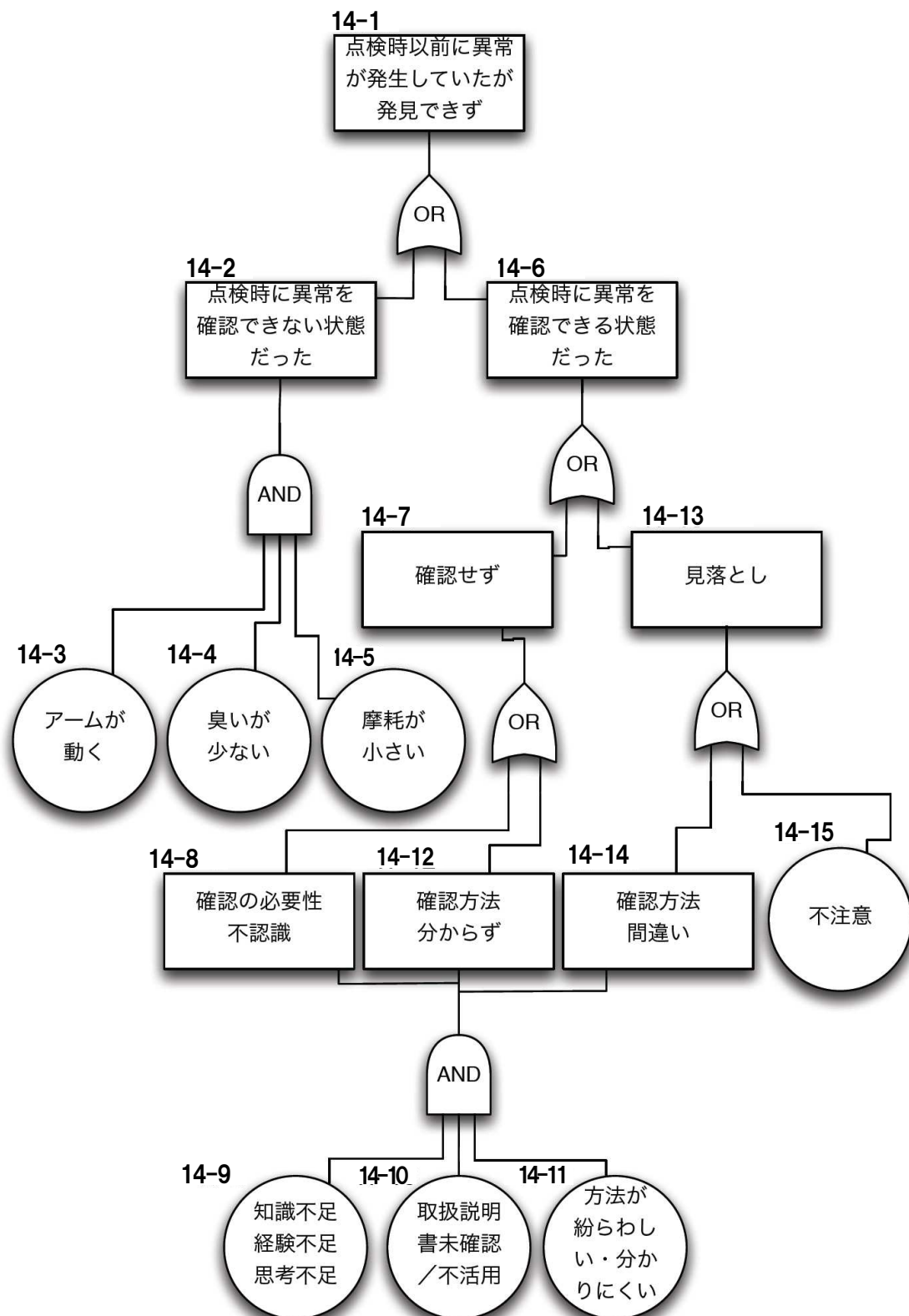
13-9 最終点検時に異常未発生

点検を行なった際には、事故の原因となった故障などの異常がまだ発生していなかった可能性が考えられる。

参考までに、事故がソレノイドの出力低下にともなうブレーキライニングの摩耗によって起されたとする場合、8月23日と24日にかけて行なわれたブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験12（実験B17）では、ソレノイドの出力低下の度合いによっては、故障発生から2、3日の間に事故に至る可能性が考えられることが確認されている。しかし、この結果は、故障から事故までそれ以上の時間がかかったことを否定するものではない。

13-10 点検時以前に異常が発生していたが発見できず

定期点検を行なった際に、既に事故の原因となった故障などの異常が発生していたにも関わらず、それを発見できなかった可能性が考えられる。これについては別図を用いて詳しく述べる。続きは「14 点検時以前に異常が発生していたが発見できず」の項目を参照されたい。



14 点検時以前に異常が発生していたが発見できず

14 点検時以前に異常が発生していたが発見できず

注：以下は点検時以前に異常が発生するも発見されなかった場合の、本件事故の原因となりうる事項の可能性とその検討にすぎず、実際に行われた、または行われなかった点検以前の行為の当否について言及するものではない。

14-1 点検時以前に異常が発生していたが発見できず

定期点検を行なった際に、既に事故の原因となった故障などの異常が発生していたにも関わらず、それを発見できなかった可能性が考えられる。

14-2 点検時に異常を確認できない状態だった。

不具合が起きていても、人間が感知できるような症状が出ていなければ、この不具合は確認できない。事故の原因がはっきりしていないので、どのような異常が発生していたはずなのかわからないが、ここでは参考までにソレノイド故障により、ブレーキライニングがブレーキドラムに接触したまま運転され、ブレーキライニングが摩耗したという想定で分析をする。しかし、これは事故の原因をソレノイドの故障によるものと断定するわけではない。

14-3 アームが動く

ソレノイド故障により、ブレーキライニングがブレーキドラムに接触したまま運転され、ブレーキライニングが摩耗した可能性が考えられるが、点検時にブレーキアームが動かない状態になっていれば、見て異常に気付いたはずである。一方で、例えばソレノイド故障が進行途中であり、点検時にはまだブレーキを開くだけの出力があった場合、症状が感知できない範囲にとどまり、確認できなかったと考えられる。例えば、コイルの層間短絡はその度合いによって出力低下の具合も異なるので、点検当時とその後事故に至る数日間の間、出力低下の具合が変化した可能性も考えられる。今となっては現物を用いても確認は困難だと思われる。

14-4 臭いが少ない

ソレノイド故障により、ブレーキライニングがブレーキドラムに接触したまま運転され、ブレーキライニングが摩耗した可能性が考えられているが、点検

時に摩耗による強い異臭があれば異常に気付けたはずである。2007 年 7 月 25 日以降に行なわれた一連のブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験では、ブレーキライニングをブレーキドラムに接触させながらエレベータを運転したが、その際の接触押しつけ力を極力小さくした実験B15 の場合にも、実験開始から間もなく異臭が確認されている。ただ、押しつけ力が小さい場合には摩耗も遅く、臭いも少なめであった。今となっては確認は不可能だと思われる。

14-5 摩耗が小さい

ソレノイド故障により、ブレーキライニングがブレーキドラムに接触したまま運転され、ブレーキライニングが摩耗した可能性が考えられているが、点検時に摩耗によってソレノイドのストロークインジケータが限界点近くに達していれば、異常に気付けた可能性が考えられる。逆に、摩耗量が小さく、ソレノイドのストロークに十分な余裕があった場合には、ストロークインジケータの確認時に異常に気付くことは困難であったと考えられる。今となっては現物を用いても確認は困難だと思われる。

14-6 点検時に異常を確認できる状態だった。

故障などが起きており、人間が感知できるような症状が出ていれば、不具合が確認できたはずである。事故の原因がはっきりしていないので、どのような異常が発生していたかわからないが、ここでは参考までにソレノイド故障により、ブレーキライニングがブレーキドラムに接触したまま運転され、ブレーキライニングが摩耗したという想定で分析をする。しかし、これは事故の原因をソレノイドの故障によると断定するわけではない。

14-7 確認せず

故障などが起きて人間が感知できるような症状が出ていても、それを確認する行為を怠っていれば、発見できなかった可能性が考えられる。当時の記録があれば確認可能。証言からも一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。

14-8 確認の必要性不認識

当該箇所の確認が必要だとの認識を欠いていれば、確認を行なわなかった可

能性が考えられる。

14-9 知識不足・経験不足・思考不足

エレベータシステムに関して十分な知識もしくは経験があれば、また、十分に思考を巡らせていれば、当該箇所確認の必要性和正しい危険予知の方法が分かった可能性が考えられる。客観的な確認は困難。

14-10 取扱説明書未確認／不活用

取扱説明書を読み、その指示に従っていれば、点検時に異常を確認できた可能性が考えられる。証言から一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。

14-11 方法が紛らわしい・分かりにくい

保守点検の際の確認方法が、その確認の必要性の主張も含め、その形状や各種表示などのデザインにより、明確に分かり易くなっていれば、点検要員の知識や経験が不足していても、またあまり考えもせず、取扱説明書を活用しなくても、不具合を発見できた可能性が考えられる。証言から一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。客観的な確認は困難。

14-12 確認方法分からず

確認の必要性は認識していたものの、正しい確認方法を知らなかったために、異常が確認できなかった可能性が考えられる。証言から一定の情報は得られるが、時間が経過しているため、記憶違いが懸念される。

14-13 見落とし

確認したのに見落としした可能性が考えられる。

14-14 確認方法間違い

確認方法を間違っていたために、異常を見落としした可能性が考えられる。

14-15 不注意

確認の際の不注意のために、異常を見落としした可能性が考えられる。

FTA 結論

FTA による事故の原因分析を実施し、可能性のある様々な原因について検討した。事故が起き、犠牲者が出るためには、様々な条件が重なる必要がある。一方で、事故機の現物は警察の保管下にあるため、事故機自体を調べることはできず、また、当事者から十分な情報を得ることができなかったため、調査は原因の特定には至らなかった。設計情報を持つメーカーや、現物を保管している警察の協力に加え、当事者の事故直後の迅速な情報提供をなくしては、再発防止のための原因究明は困難であるということが言える。

今後の原因究明活動に向けたこの分析結果の活用方法としては、ここに挙げられた各原因事象の項目について、さらなる情報収集を進め、実験結果と合わせて検討して、主に消去法を用いて原因を特定していくことが考えられる。

FTA 分析の結果として列挙された原因要素のうち、原因の特定化のための情報として、確実に肯定もしくは否定できるものはほとんどない。ほぼ全てに関して、情報や証拠が不十分なために、結論が導き出せない。これらの不確定要素のうちには、調査によって明らかになるものと、ならないものがある。物的証拠が残っており、それらが調査可能ならば、確実な結論を導き出せる。これに準じるものとして、物的証拠を用いた実験結果などの信頼できる情報があっても同様である。また、製品の設計や製造に関する情報も、調査によって明らかにできる。さらには、事故の当事者や関係者からの証言も、その証人の記憶が定かな時点で取られた信頼できる情報は、調査に役立つ。一方で、物的証拠が残っていないことがらや、記憶違いが懸念されるような証言は、検証ができない。さらに、自然環境や、ノイズの具合など、当時の状態がはっきりとわからない状態については、検証ができない。

実験を通しては、具体的にノイズとソレノイドについて次のことが分かっている。まず、事故機の同型機である4号機は、比較的ノイズ耐性が低いことが確認されたが、一方でノイズによる同機の誤動作のうち事故につながるような現象は確認されなかった。そして、同じく4号機を用いた実験で、ブレーキシソレノイドの出力低下の具合によっては、事故につながるような現象が起きることが確認された。事故機についてもこれと同様の特性があると推測できる。

今後の再発防止のためのこの分析結果の活用方法としては、ここに挙げられた各原因事象の項目や、事故に至るまでの一連の事象の経過について、関連す

る設計や保守点検を見直し、対策を立てることが考えられる。本書の改善提案の章では、そのようにして考案された同様の事故の再発防止策が記されている。

なお、様々な原因事象について検討したものの、事故機の現物や詳細設計情報が入手できないため、それらが実際に事故時に起こっていた確率の定量的評価は行なっていない。

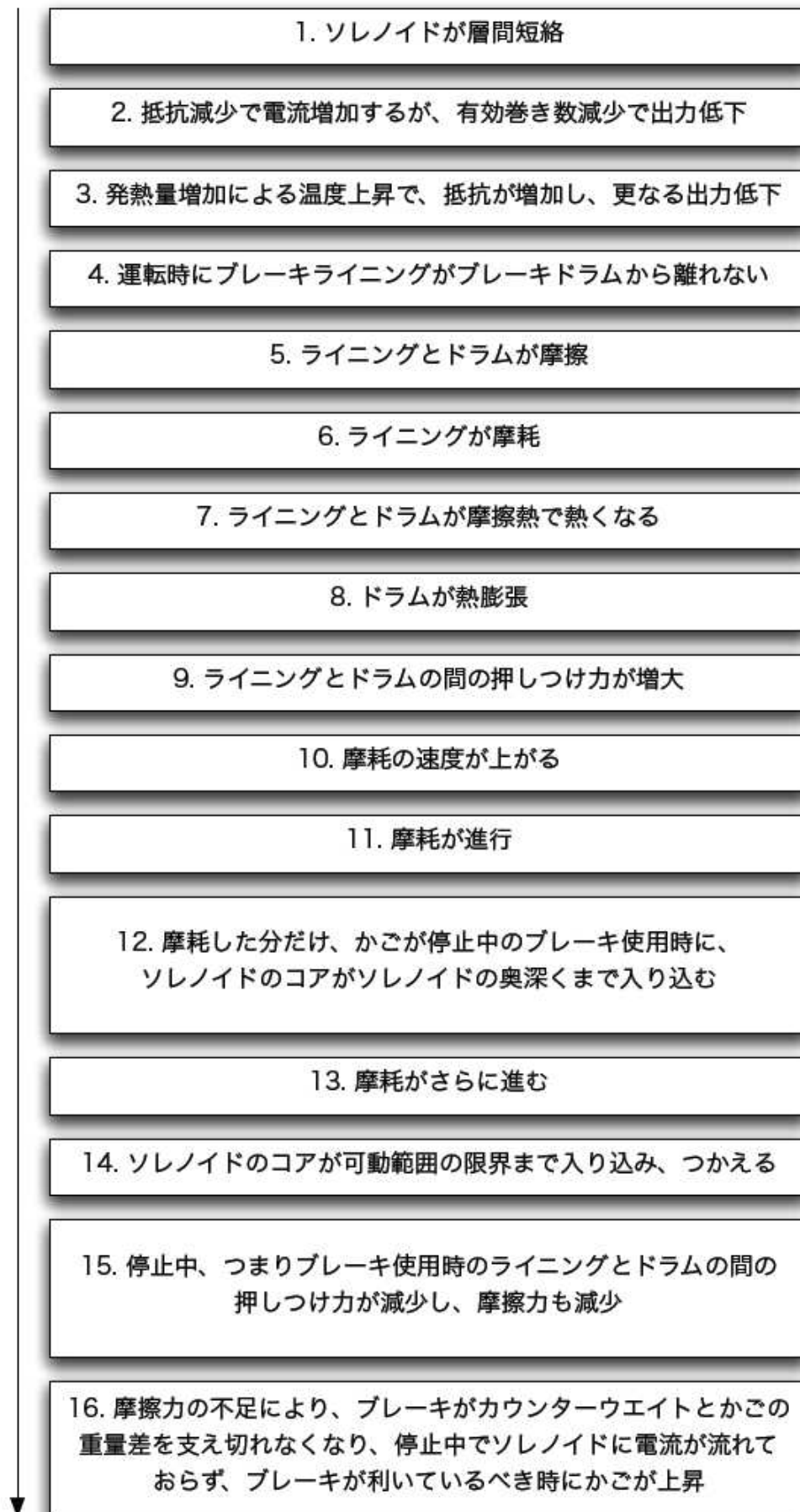
6. FMEA分析

事故原因の推論のひとつであるソレノイドの層間短絡があった際に、どのようなことが起き得るのかを検証する。

FMEA 分析手法

前セクションのFTA は、結果から原因へと遡る分析手法だが、その逆に、ある原因要素をもとに引き起こされる結果事象を次々と検証するFailure Mode and Effects Analysis (FMEA)という手法もある。FMEA は、ある故障を想定した上で、その先にどのような影響へと発展し得るかを調べる分析手法である。その分析結果を用いて、重大な影響を及ぼしかねない原因事象や、事象の展開経路を特定し、重点的に予防策を立てるために有効である。

このセクションでは、2006 年 8 月 1 日付けのSEC 社による警察への事故の見解書に見られるように、事故原因の推論のひとつであるソレノイドの層間短絡があった際に、どのようなことが起き得るのかを検証する。ここでこの事象に限ってFMEA を行なう理由は、その後の経過が他の現象に比べて複雑であり、追加での説明および検証が必要だと考えたからである。具体的には、摩擦、摩耗、発熱、熱膨張、部品の機構的なつかえ、ブレーキの保持力の喪失など、多岐にわたる現象が含まれる。まずは想定される一連の事象をフローチャート形式で図示し、それに対して文章で解説する。



ソレノイド層間短絡後のシナリオ図

ソレノイド層間短絡後のシナリオ

1. ソレノイドが、層間短絡

ソレノイドが実際に層間短絡を起こしていたかどうかは把握できていないが、ここでは起きていたと仮定して、その先にどのような現象が起こりうるか分析する。

2. 抵抗減少で、電流増加するが、有効巻き数減少で、出力低下

ソレノイドのコイルは、もともと 44.4Ω の抵抗を持っており、 11.1Ω の外部抵抗と直列に100Vにつながれている（p14 のソレノイド回路図参照）。ソレノイドの定格電圧・電流は80V と1.8A である。層間短絡が起きると、ソレノイドのコイルの一部には電流が流れなくなり、その分だけ抵抗が減少し、電流が増える。しかし、ソレノイドの出す力はコイルの作る磁場の強さに依存し、磁場はコイルを流れる電流と巻き数の積に比例する。層間短絡をしたソレノイドの出力に関してこのような理論的計算をすると、ソレノイドへの供給電圧が一定ならば、電流増加と巻き数減少が相殺して出力は変わらないということになるのだが、 11.1Ω の外部抵抗があるので、電流はソレノイド単体の抵抗値と反比例しては増えず、結果として出力は低下する。

参考までに、隣接した2 層間で層間短絡が起きた場合、30 層3000 巻きほどあるコイルでは、最大で2 層分のコイルに通電されなくなり、その際の抵抗減少は $44.4/15=3.0\Omega$ ほどである。このように小さい出力低下では、実際の使用には支障を起こさず、層間短絡が起きていること自体、発覚しない可能性が充分考えられる。一方で、コイルを流れる電流が増えると、発熱量も大きくなる。導線の絶縁皮膜がその熱により傷み、場合によっては溶解し、更なる層間短絡へと発展していく可能性も考えられる。参考までに、ソレノイドの出力は、電流と巻き数の積に比例するという理論計算を用いると、以下のようになる。

層間短絡前のソレノイドの抵抗 $R_o=44.4[\Omega]$

電圧電流調整の抵抗 $R_1=11.1[\Omega]$

電圧 $V=100[V]$

層間短絡前の電流 $I_o=V/(R_o+R_1)$

層間短絡後のソレノイドの抵抗 $R=rR_o(0\leq r\leq 1)$

層間短絡後の電流 $I=V/(R+R1)$

層間短絡後のソレノイドコイル出力比 $F/Fo=IR/IoRo=r(Ro+R1)/(rRo+R1)$

$r=1.00$ のとき、 $F/Fo=1.00$

$r=0.75$ のとき、 $F/Fo=0.94$

$r=0.50$ のとき、 $F/Fo=0.83$

$r=0.25$ のとき、 $F/Fo=0.63$

$r=0.125$ のとき、 $F/Fo=0.42$

なお、層数と巻き数は、類似導線の情報を用い、線径から長さ当たりの抵抗値を調べ、コイルの直径や幅からSEC 社が算出したものである。

3. 発熱量増加による温度上昇で、抵抗が増加し、更なる出力低下

前項で述べた抵抗減少による電流増加によって、コイルの発熱量が増えると、温度が上昇する。すると、温度に応じて抵抗が増え、逆に電流が減って出力が低下する。参考までに、コイルの発熱量は、理論的には以下ようになる。

層間短絡前のソレノイドの抵抗 $Ro=44.4[\Omega]$

電圧電流調整の抵抗 $R1=11.1[\Omega]$

電圧 $V=100[V]$

層間短絡後のソレノイドの抵抗 $R=rRo$ ($0 \leq r \leq 1$)

層間短絡後のソレノイドコイル発熱 $P=(I^2) \times R=\{V/(R1+rRo)\}^2 \times rRo[W]$

$r=1.00$ のとき、 $P=144[W]$

$r=0.75$ のとき、 $P=169[W]$

$r=0.50$ のとき、 $P=200[W]$

$r=0.25$ のとき、 $P=222[W]$ (極大値)

$r=0.125$ のとき、 $P=200[W]$

4. 運転時にブレーキライニングがブレーキドラムから離れない

上記のような理由でソレノイドの出力が大幅に低下すると、エレベータの運

転時でソレノイドが作動し、ブレーキアームが開くべき時にも、出力低下のためにブレーキライニングがブレーキドラムから離れなくなることが考えられる。

ただし、ソレノイドの出力低下の度合いが小さく、ブレーキアームを押し広げるだけの力が残っている時には、このような現象は起きないと考えられる。その際、層間短絡がそれ以上展開せず、故障がいつまでも顕在化しない場合と、層間短絡が広がり、いずれはブレーキが開かなくなるまで、ソレノイドの出力が落ちる場合が考えられる。

逆に、ソレノイドの出力低下が大きすぎると、ブレーキが利くため、かごの積載荷重条件によっては、かごが動かない、もしくは動きが遅い、と言った現象が起きると推測される。こうなった場合には、使用に支障が生じるので、利用者により異常が指摘され、点検・修理が行なわれる可能性が高いと考えられる。

5. ライニングとドラムが摩擦

ブレーキライニングが、ブレーキドラムから離れないままで、エレベータの運転が行なわれると、ブレーキライニングはブレーキドラムと摩擦する。

6. ライニングが摩耗

摩擦が続けられて、ライニングが徐々に摩耗する。

7. ライニングとドラムが摩擦熱で熱くなる

実験では、ライニングとドラムが摩擦をすると、比較的短時間で 200℃を超え、高い時には 500℃以上の温度が記録されている。同じ実験では、発煙と発臭も起こった。

8. ドラムが熱膨張

ドラムが温度上昇で熱膨張する。

9. ライニングとドラムの間の押しつけ力が増大

ドラムの熱膨張によって、ブレーキライニングをドラムに押し付けているばねが圧縮され、ライニングとドラムの間の押しつけ力が増える。

10. ライニング摩耗の速度が上がる

ライニングとドラムの間の押しつけ力が増えると、それだけライニングの摩耗が激しくなる。なお、事故時にはエレベータのモータの冷却ファンが取り外してあったが、このファンが動いていれば、ブレーキドラムの温度上昇がある程度抑えられた可能性が考えられる。その場合、熱膨張も摩耗の激化もその分だけ抑制され、ソレノイドの故障からブレーキが利かなくなる状態に至るまでの時間も異なっていたと考えられる。

11. ライニング摩耗が進行

上記のような具合に、ライニングの摩耗が進行する。

12. 摩耗した分だけ、かごが停止中のブレーキ使用時に、ソレノイドのコアがソレノイドの奥深くまで入り込む。

ブレーキが閉じている状態でのソレノイド本体に対するソレノイドコアの位置は、ブレーキライニングの厚さが減少すればそれだけ奥深くまで入り込むことになる。

13. 摩耗がさらに進む

上記のような状態が続けば、摩耗がさらに進む。

14. ソレノイドのコアが可動範囲の限界まで入り込み、つかえる

ソレノイドのコアが本体奥まで入り込むと、コアが本体の内壁につかえるか、ソレノイドの動きの作用端近くのナットが本体外部に行き当たるかで、それ以上ブレーキアームが閉じなくなってしまう。

15. 停止中、つまりブレーキ使用時のライニングとドラムの間の押しつけ力が減少し、摩擦力も減少

ソレノイドコアのつかえのために、ブレーキアームを閉じるばねの力は、ブレーキライニングとブレーキドラムの間ではなく、ソレノイドのコアと本体の間で負担されてしまう。結果としてライニングとドラムの間の押しつけ力が減少し、摩擦力も低下する。

16. 摩擦力の不足により、ブレーキがカウンターウェイトとかごの重量差を支え切れなくなり、停止中でソレノイドに電流が流れておらず、ブレーキが利いているべき時にかごが上昇

ソレノイドコアのつかえという機構的な理由から、摩擦力が低下もしくは失われる。また、摩擦力が低下すると、ブレーキドラムの温度も下がるので、熱膨張がおさまり、径が小さくなる分だけライニングの押し付け力が小さくなり、さらに摩擦力が低下するという現象が起こると考えられる。このように摩擦力が過度に低下すると、かごの停止中でソレノイドに電流が流れておらず、ブレーキが利くべき時でも、ブレーキがカウンターウェイトとかごの重量差を支え切れなくなり、かごが上昇してしまう現象が考えられる。

なお、以上の記述では、保守点検が行なわれることを考慮していない。一連の事象の展開の途中に、保守点検作業が行なわれ、事故が防がれる可能性は、充分ある。参考までに、2007 年 8 月 23 日から 24 日にかけて行なわれたブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験¹²（実験番号B17）では、ソレノイドの出力低下から事故同様の現象に至るまで、ブレーキライニングの摩耗にかかった運転時間は合計で 22 時間 31 分である。これは、現実の運行状況で考えると2、3日に相当する。保守点検の頻度から考えると短い期間だが、一方でこの実験でのソレノイドの出力低下の設定と同等の現象が、現実に起こり得るのかどうかは定かでないため、この時間はあくまでもひとつの目安にしかない。

また、保守点検だけでなく、利用者などによる異常の指摘によっても、同様に事故が防がれる可能性が考えられる。

FMEA 結論

今回のFMEAでのシナリオは、実験結果に強く影響された推論である。しかし、ソレノイドが何らかの理由で出力低下し、それがちょうどブレーキライニングがブレーキドラムから離れず、にもかかわらず運転に著しい支障が出るほど制動力もない状態になれば、ブレーキライニングの摩耗が生じ、今回のシナリオと同様に、エレベータが停止しているべき時に上昇する事故が起きることは充分考えられる。

ここで世間に知らしめるべき知見があるとすれば、それは、ソレノイドの故障モードとして、完全に機能しない状態だけでなく出力の低下も考慮する必要があることだ。もちろん、これは、エレベータのブレーキソレノイドに限らず、電磁コイルが用いられた全ての機器に関して応用できる知見である。さらには、電磁コイルと関係のない機器でも、一般的に、中途半端に作動するという故障モードを意識的に検討する必要があるのかもしれない。

なお、ここではシンドラー社がこのようなFMEA 的検討を行なわなかったと主張しているわけではない。

7. 事故の前兆としての不具合記録の検証

事故機の事故前の不具合記録と事故との関連性の検証

事故の前兆をとらえる手法として、同型製品全般に関する情報を目安とする手法と、事故機そのものの不具合を調べる手法がある。どちらも重要であるが、前者については情報量が非常に限られているので、ここでは後者について述べる。

今回の事故で、事故機にその前兆となるような現象が起きていたか否かは分からない。なぜなら、事故前には色々な不具合が起きているが、原因の特定に至っていない以上、それらと事故との具体的な関係は確認されていないからだ。また、発生した不具合の全てが記録に残っているとも考え難い。

今回の事故で前兆があったか否かは、再発防止のために、ぜひとも確認したいことである。前兆があったのであれば、今後はそのような前兆をしっかり捉えることにより再発防止が図れる。前兆がなかったのであれば、前兆に頼らない再発防止策の必要性が明確になる。しかし、発生した不具合の全てが記録に残っているとは考え難いうえ、本調査が始まった時には事故から時間が経過しており、不具合を経験した利用者の記憶が定かでないこともあり、前兆の存在の確認ができていない。やはり事故が起こった際には、その直後に前兆があったか否かの調査を実施するべきである。

前述のように、事故機の事故前の不具合記録のうち、事故の前兆として関連性が明確になっているものはない。ただ、その中で、事故の約1年7ヶ月前にあたる2004年11月6日には、ブレーキ異常の記録がある。このブレーキ異常に注目したが、本調査では使用可能な詳細記録が残っていないので、そのブレーキ異常と事故との間に関連性があったかどうかを、検証できない。しかし、もしここで、ブレーキライニングの摩耗によって、ソレノイドのコアがその本体奥まで押し込まれるというような、事故時と類似した状況につながりかねない現象が起きていたならば、この時点での対応によっては事故を防げたかもしれない。もしも、関連性が疑われるのであれば、この不具合の対処がどのように行なわれ、その事実が後の保守点検会社に、どのように引き継がれたのかが、事故の背景を調べる上で、重要な情報となり得るだろう。

参考のために、事故機および実験機の事故前の不具合記録を時間軸上に整理した表を次頁から4ページにわたって示す。これは港区事故調査委員会の第1次中間報告書を基に作成された。また、実験機については、事故後の不具合に

についても同様の表を2 ページにわたって示す。これは2006 年 12 月 15 日付けのシンドラー社から国土交通省住宅局建築指導課に宛てた報告書に基づいて作成された。

平成15年度	CH竹芝開設 (平成10年4月)からの 年数	事故日(平成 18年6月3日) 基準の年数	平成15年度エレベーター保守点検業者: シンドラーエレベータ株式会社		
			不具合発生機	日付	不具合の内容
15年 4月	5年	3年 2ヶ月前	不明	4月2日	天井・ガラスの歪み発見
5月	5年 1ヶ月	3年 1ヶ月前	4号機	5月8日	異常音発生。
6月	5年 2ヶ月	3年前			
7月	5年 3ヶ月	2年11ヶ月前			
8月	5年 4ヶ月	2年10ヶ月前			
9月	5年 5ヶ月	2年 9ヶ月前			
10月	5年 6ヶ月	2年 8ヶ月前	4・5号機	10月15日	地震により停止。
			5号機	12月5日	異常音発生。
			不明	12月15日	地下1階手前でストップ。
11月	5年 7ヶ月	2年 7ヶ月前	4号機	12月17日	地下1階着時に異音。ドア開かず。
			4号機	12月18日	地下1階着前に停止。 再度B1のボタンを押すと始動。地下1階着時に段差発生。
12月	5年 8ヶ月	2年 6ヶ月前	不明	12月19日	地下1階着時に段差発生。
			不明	12月20日	段差調整。
16年 1月	5年 9ヶ月	2年 5ヶ月前	不明	12月21日	時々、地下1階ドア開かず。SD近接SW取替。 (SW→スイッチ)
2月	5年10ヶ月	2年 4ヶ月前	不明	12月22日	1階ー地下1階間でダウン。時々停止することがある。
3月	5年11ヶ月	2年 3ヶ月前	不明	3月18日	11階にて下降ボタンを押しても停止せず。

平成16年度	CH竹芝開設 (平成10年4月)からの 年数	事故日(平成 18年6月3日) 基準の年数	平成16年度エレベーター保守点検業者: シンドラーエレベーター株式会社		
			不具合発生機	日付	不具合の内容
16年 4月	6年	2年 2ヶ月前			
5月	6年 1ヶ月	2年 1ヶ月前			
6月	6年 2ヶ月	2年前			
7月	6年 3ヶ月	1年11ヶ月前			
8月	6年 4ヶ月	1年10ヶ月前			
9月	6年 5ヶ月	1年 9ヶ月前	不明	10月17日	故障発生。17階にて閉じ込め。(居住者)
			5号機	11月6日	ブレーキ異常により、停止。
10月	6年 6ヶ月	1年 8ヶ月前	4号機	11月7日	1階にて扉開ストップ。
			5号機	11月7日	地下1階にて扉開せず。到着時正常運転。再現できず。
11月	6年 7ヶ月	1年 7ヶ月前	4・5号機	11月8日	総合点検作業実施。ブレーキ作動状況を再度確認。
			不明	11月11日	早朝、地下1階着時、しばらくドアが開かず。
12月	6年 8ヶ月	1年 6ヶ月前	不明	11月12日	地下1階到着時、ドア開かず。
			5号機	11月13日	地下1階着時、ドア開かず。
17年 1月	6年 9ヶ月	1年 5ヶ月前	不明	11月25日	エレベーターかご内に剥がれ。修理。
2月	6年10ヶ月	1年 4ヶ月前	不明	2月18日	トラブル有り。
3月	6年11ヶ月	1年 3ヶ月前			

平成17年度	CH竹芝開設 (平成10年4月)からの 年数	事故日(平成 18年6月3日) 基準の年数	平成17年度エレベーター保守点検業者: 株式会社日本電力サービス (JEPS)		
			不具合発生機	日付	不具合の内容
17年 4月	7年	1年 2ヶ月前			
			5号機	4月25日	給油器の油不足による異音発生。
5月	7年 1ヶ月	1年 1ヶ月前			
6月	7年 2ヶ月	1年前	不明	6月7日	非常呼び戻しボタン割れ。6月21日、点検時に交換。
7月	7年 3ヶ月	11ヶ月前			
			4・5号機	7月23日	地震により停止。
8月	7年 4ヶ月	10ヶ月前			
9月	7年 5ヶ月	9ヶ月前			
			4・5号機	9月19日	停電検知器の配線不良調整時に、停止。
10月	7年 6ヶ月	8ヶ月前	5号機	11月24日	振動発生。その後、閉じ込め発生。
			5号機	12月2日	23階着前に、振動発生。下り4〜5階間で擦れるような異音。
11月	7年 7ヶ月	7ヶ月前	4号機	12月29日	上下異音がする。
			5号機	12月31日	18階から上昇時、異音・振動発生。
12月	7年 8ヶ月	6ヶ月前	不明	1月11日	平成17年7月23日に発生した地震以降、運転中の振動、異音、緊急停止、閉じ込めが多発しており、不安であるとの居住者からの申し立て。
			5号機	1月29日	地下1階到着時、扉が開かないと、エレベータ内から防災センターに連絡有り。
18年 1月	7年 9ヶ月	5ヶ月前	5号機	2月1日	4階で停止。
			4・5号機	2月2日	地下1階扉不具合修理。停止して部品交換。
2月	7年10ヶ月	4ヶ月前	5号機	2月4日	機内の鏡に引っ掻き傷やいたずら書き。
			4号機	2月7日	13階で呼び出しても停止しない。
3月	7年11ヶ月	3ヶ月前	5号機	3月6日	3〜4階付近でカゴと吊ロープの接触による異音発生。
			5号機	3月24日	引越し業者が、段ボールを引っ掛けたため、非常装置作動。5〜6階間で停止。

平成18年度	CH竹芝開設 (平成10年4月)からの 年数	事故日(平成 18年6月3日) 基準の年数	平成18年度エレベーター保守点検業者: エス・イー・シーエレベーター株式会社 (SEC)		
			不具合発生機	日付	不具合の内容
18年 4月	8年	2ヶ月前	5号機	4月15日	冷却ファン劣化による異音発生。
			4・5号機	4月21日	巻き上げ時の音が大きい。
5月	8年 1ヶ月	1ヶ月前	不明	4月25日	21階エレベーター乗場の、押しボタンカバーに亀裂。
			5号機	5月9日	下降走行中に異音。
6月	8年 2ヶ月	事故発生	4号機	5月26日	13階で扉が閉まりきる時の音が大きい。
			5号機	6月3日	事故発生。住民が12階に到着したエレベーターから降りようとしたところ、 扉が開いた状態で突然上昇したため、カゴの床部分と外枠天井部分の間に 体を挟まれ、死亡。
7月	8年 3ヶ月	1ヶ月後			
8月	8年 4ヶ月	2ヶ月後			
9月	8年 5ヶ月	3ヶ月後			
10月	8年 6ヶ月	4ヶ月後			
11月	8年 7ヶ月	5ヶ月後			
12月	8年 8ヶ月	6ヶ月後			
19年 1月	8年 9ヶ月	7ヶ月後			
2月	8年10ヶ月	8ヶ月後			
3月	8年11ヶ月	9ヶ月後			

平成18年	CH竹芝開設 (平成10年4月)からの 年数	事故日(平成 18年6月3日) 基準の年数	事故後稼働再開から稼働停止までの4号機エレベーター保守点検業者： シンドラーエレベーター株式会社	
			不具合発生日時	不具合の内容と対応(シンドラー社報告書に基づく)
6月	8年 2ヶ月	事故発生		
			7月12日 11:35	10～9階の間で停止し、閉じ込め発生。 かご上ガバナリングSWが作動および油の固まりによる誤作動が原因。 かご上、ガイドレール等の清掃により対応。
			8月5日 9:35	8階で20cmの段差発生。 原因は特定できず。各階、かごのドアスイッチ点検、試運転後運転再開。
7月	8年 3ヶ月	1ヶ月後	8月21日	18階と20階で1.5～2.0cmの段差発生。 原因は特定できず。各階、かごのドアスイッチ点検、試運転後運転再開。
			9月15日 14:20	19階で扉が開かない。 オーバーランでドアゾーンを超えたため。 各階、かごのドアスイッチ点検、試運転後運転再開。
			9月27日 19:09*	11階で扉が開かない。 オーバーランでドアゾーンを超えたため。 各階、かごのドアスイッチ点検、試運転後運転再開。 動作記録のためにメモリーハイコードを設置。 [5号機三方枠敷居解体撤去(6～11階)作業時間帯であった可能性あり]
8月	8年 4ヶ月	2ヶ月後	10月15日 17:15	21階で15cmの段差発生。 原因は特定できず。各階、かごのドアスイッチ点検、試運転後運転再開。
			10月17日 8:18	16階で扉が開かない。原因は特定できず。試運転後運転再開。 メモリーハイコードの測定ポイントを追加。
			10月18日 17:35*	22階で扉が開かない。マイコンへの入力信号不良が原因の可能性あり。 試運転後運転再開。[作業時間帯に発生]
			18:23*	13階で30cmの段差発生。原因は特定できず。試運転後運転再開。 制御基板SBC-EとCMOSRAMTIMER BASICIO基板を交換。[作業時間帯に発生]
9月	8年 5ヶ月	3ヶ月後	10月23日 20:30*	16階、18階で扉が開まらない。 扉反転センサーにゴミが付着していたため、清掃および 扉反転センサーの交換により対応。 [溶接作業(三方枠取付)時間帯に発生]
			10月24日 16:25*	9階で6cmの段差発生。 減速位置検出スイッチの誤動作が原因と考えられる。 減速位置検出スイッチを交換。[作業時間帯に発生]
10月	8年 6ヶ月	4ヶ月後	10月29日 14:25	20階で15cmの段差発生。 インバータユニットの不具合と考えられる。試運転後運転再開。
			10月31日 16:55*	17階で扉が開かない。 10/29のデータよりインバータユニットの不具合と考えられる。 試運転後運転再開。[作業時間帯に発生]

(*)は5号機入れ替え作業と同時間帯に不具合が発生したことを示す。)

平成18年	CH竹芝開設 (平成10年4月)からの 年数	事故日(平成 18年6月3日) 基準の年数	事故後稼働再開から稼働再開までの4号機エレベーター保守点検業者： シンドラーエレベーター株式会社	
			不具合発生日時	不具合の内容と対応(シンドラー社報告書に基づく)
11月	8年 7ヶ月	5ヶ月後	11月1～2日	インバータユニットを交換し調整運転を行ったが、制御装置に誤信号を受けるので、元のインバータユニットに戻した。 (11月1日より新5号機の試運転も開始)
			11月2日 16:35*	17階で8cmの段差発生。原因は特定できず。 簡易シールド処理(アルミ箔)実施。[作業時間帯に発生]
			23:04	22階で扉が開かない。原因は特定できず。試運転後運転再開。
			11月3日 7:11	1階で12cmの段差発生。原因は特定できず。試運転後運転再開。
			14:10*	地下1階で14cmの段差発生。原因は特定できず。試運転後運転再開。 [作業時間帯に発生]
12月	8年 8ヶ月	6ヶ月後	11月4日 2:00	22階に上昇中、18階で指定外停止か？ 原因は特定できず。試運転後運転再開。
			2:30	かご内17、18階登録なしで停止。指定外停止か？ 原因は特定できず。試運転後運転再開。
			5:45	身障者用ボタンが点滅？原因は特定できず。試運転後運転再開。
			6:37	12階で停止しないで1階に運転した。 原因は特定できず。試運転後運転再開。
			6:51	1階まで運転中に、かご内14階登録なしで停止。 原因は特定できず。試運転後運転再開。
			23:05	16階で23cmの段差発生。原因は特定できず。 簡易シールド処理の取り外し実施。
			11月5日 5:48	22階に運転中、21階に停止。 21階が登録されていたものと考えられる。試運転後運転再開。
			11月6日 8:45	上昇しないで地下2階に運転した。(両時間とも同一内容)
			8:55	地下2階の乗り場呼びが登録されていたものと考えられる。 試運転後運転再開。
			11月8日 11:55	点検作業ミスによる停止。試運転後運転再開。
			11月9日 22:15	12階から1階に運転中、6階で停止。 6階の乗り場呼びが登録されていたものと考えられる。 試運転後運転再開。
			11月15日 3:40	22階で7cmの段差発生。原因は特定できず。試運転後運転再開。 (同日にシンドラー社によりフェライトノイズフィルタが装着される)
			11月20日	12:30に新5号機稼働開始。引き換えに、4号機稼働停止。

(*)は5号機入れ替え作業と同時時間帯に不具合が発生したことを示す。)

事故の前兆としての不具合記録の検証の結論

事故機そのものについて、事故前の不具合記録が残っているものの、それらが事故の前兆だったとの確認はとれていない。情報が不完全な部分もあるので、今後、より詳しい情報が入手できれば、再発防止に向けて新たな知見が得られるだろう。

8. 改善提案

改善提案について

事故の再発防止に役立つであろう各種改善の提案を行なう。既述の分析や検証を通して、事故の原因究明はできなかったものの、同様の事故再発につながりかねない事象や、事象の経過を認識できた。以下には、それらの事象を予防もしくは検出することで再発防止につながるように改善提案する。なお、これらの中には、事故機や事故現場のみでなく、他のエレベータや工業製品全般にも応用できる提案が含まれている。

制御系の誤作動の予防について

FTA の結果から、制御系の誤作動によって事故が起こり得ることが示された。制御系の誤作動は、ノイズによるものと、そうでないものに大別できる。それらについて、それぞれ改善提案をする。

ノイズ耐性を上げるためには、電源の安定化や落雷への耐性向上に加え、信号線にシールドを施したりフィルタを装着したりすることや、接触不良を無くすためにハンダやコネクタの品質を確実にするなどの対策が考えられる。信号線を必要以上に長くしないことも、ノイズ耐性の向上に役立つだろう。また、ノイズに強い回路の設計や部品の採用も有効であり、さらにはノイズに強いプログラミングも効果的である。

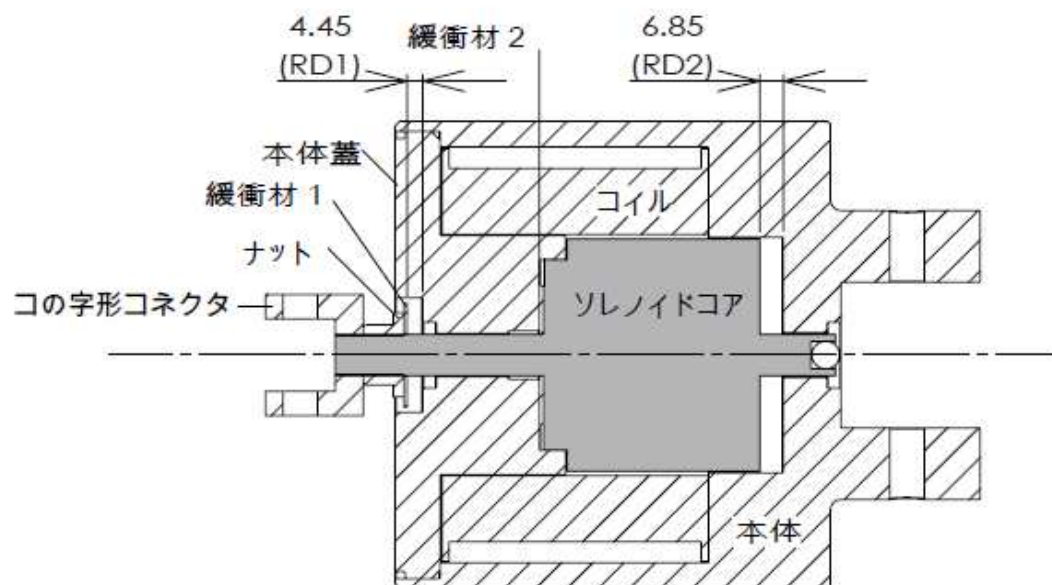
ノイズによらない制御系の誤作動の対策としては、不良品を使わないようにすることに始まり、電源の安定化、コネクタの脱落防止、バグのないソフトウェアの作り込みなどが考えられる。特に、コネクタは脱落防止機能のついたものを使用すべきである。

制御系の誤作動を防ぐためには、以上に挙げたような対策が有効である。

ソレノイドのストローク長について

以下の内容については、次ページのソレノイド断面図を参照されたい。事故機のブレーキソレノイドの定格ストロークは6.5mm である。しかし、本調査の実験時にシンドラ社から提供された予備のソレノイドを調べたところ、ストローク長はソレノイドコアの作動端に対するコの字形のコネクタ部品の組み付け位置によって、4.45mm から6.85mmまで変化し得ることがわかった。6.85mm 未満の条件下において、ソレノイドコアが奥に入った時の作動限界を定めるのは、コの字形のコネクタ部品を固定しているナットと、本体の蓋状部品の面の接触である。6.85mm という条件は、ソレノイドコアの端面が本体内壁と接触した時に生じる。

ここで、ストローク長が短くなるようにコの字形のコネクタ部品が組み付けられていれば、ブレーキライニングが摩耗した時に、ストロークが長く設定されている場合と比べると、ソレノイドはより早く作動限界に達する。ただし、これは、シンドラ社の取扱説明書の指示通りに、ブレーキアームへのソレノイドの組み付けが、ソレノイドコアが最も外に出ている状態を基準として行なわれた場合である。部品の組み付け位置によってブレーキライニングの摩耗による不具合発生までの時間が著しく短縮することは望ましくないので、そのような差異の発生しないような設計か、もしくは差異が生じた時にはそのことが分かる設計が求められる。



ソレノイド水平断面図

ソレノイドコアが最も外まで出ており、緩衝材 2 をはさんで本体蓋の内壁につかえた状態。RD1 と記された寸法はコの字形コネクタとナットをソレノイドコアのどの位置に固定するかによって変化する。図ではソレノイドコアの軸先端とコの字形コネクタの内壁面がそろった状態である。RD1 が 6.85mm 以下では、ソレノイドコアが奥に押し込まれた場合、緩衝材 1 が本体蓋の外壁につかえるため、ストローク = RD1 である。RD1 が 6.85mm を超えた場合、ソレノイドコアの端面が本体内壁につかえるため、ストロークは RD2 = 6.85mm となる。ただし、以上の記述では緩衝材の圧縮寸法は考慮されていない。

ソレノイドのブレーカについて

ソレノイドへは、ドアの開閉用モータと共通の、直流 100V の電力が供給されている。この電源には、ソレノイドへもモータへもまとめて、5A のブレーカが装備されている。ソレノイドの定格電流 1.8A と比べると、それは必要以上に大きい値であると思われる。これでは、仮にソレノイドで地絡や線間・層間短絡が起き、電流が増加しても、ブレーカはなかなか落ちない。（参考までに、電流が 5A となるのは、元々 44.4Ω であるソレノイドの抵抗が、その 5 分の1である 8.9Ω まで落ちた時である。）一般的には、ブレーカが簡単には落ちないということは、それだけ異常が発見しにくく、事故の予防もしにくいということである。

この 5A というブレーカ容量がどのように決められたのかは、定かでない。例えば、ドア開閉用モータの使用電流を考慮して、決められたのかもしれない。このブレーカが、ソレノイドとモータ共用だからである。ブレーカが、何を意図して装備されたものかにもよるが、部品の故障による事故への発展を予防するためには、ソレノイドとモータそれぞれに対応した、なるべく容量の低いブレーカを装備することが望まれる。

ソレノイドストロークインジケータのデザインについて

実験に用いた4号機のブレーキソレノイドには、ライニングの摩耗によりソレノイドコアが作動限界に近づいた場合に、そのことを示すためのインジケータが装備されている（次ページ写真参照）。本体外側のインジケータボルトと、ソレノイド作動端の接続ピンの位置が重なりそうになったら、ストロークが限界に近いので、ライニングの交換などの調整を行なうというものである。2006年8月1日付けのSEC社による警察への事故の見解書の中の、事故機のソレノイドの写真を見る限り、それにも同様のインジケータが装備されていたようである。事故後の2006年7月14日付の取扱説明書には、このインジケータの設定のしかたや読み方が記されており、その点検頻度は24万回の起動毎もしくは1年に一度ということになっている。

このインジケータの読み方は、実物のみを見たのでは、容易に推測できるものではないと思われる。インジケータボルトにも接続ピンにも、注意を引くための特殊な色や目盛りがついているわけではなく、特に接続ピンについては、ピンの本体側の端という部分に注目しなければならないが、そのことは説明書以外のどこにも明示されていない。このインジケータが正しく確認されるようになれば、今回のような事故が再発する可能性が下がることが考えられる。説明書を参照せずとも、実物を見れば危険が分かるようなインジケータのデザイン改善が望まれる。



ソレノイドストロークインジケータの読み方

ソレノイドのストローク限界到達によるブレーキ無効化の対策の安全装置について

ライニングの摩耗により、ソレノイドコアが作動限界に近づいた場合に、そのことを検出して自動的に安全を確保するような装置は、事故機やその隣接機である4号機にはなかった。そのような安全装置がないと、危険の発見は人間による保守点検に頼ることになるが、それにはリスクが伴う。ひとつには、人間の作業には見落としなどの過失リスクが常に存在する。また、人間による保守点検では、常時監視が行なわれているわけではないので、保守点検のタイミングにより、問題発見が遅れてしまうリスクがある。このようなリスクを回避するためには、危険が近づいたらエレベータの運転を止めるなどの、何らかの安全装置が求められる。ソレノイドコアが作動限界に近づいていることは、リミットスイッチなどで簡単に検出することができるため、安全装置の構築は比較的容易である。

乗客がかご内で操作できる非常ブレーキについて

乗りものや工作機械など、大きなエネルギーをもって動くものには、非常用のブレーキや停止装置が装備されていることが多い。エレベータでも、機械室で電力供給を断てば、モータが止まり、ブレーキが閉じて、ブレーキが利く状態であれば、かごは停止するようになっている。しかし、かごの中にいる乗客は、エレベータが暴走した際に、それを止める手段を与えられていない。かご内に、手動でかかる機械的なブレーキなどを、装備することはできないのだろうか。

非常ブレーキをかご内に装備すれば、かごが暴走をした時に、乗客が恐怖の中で自動安全装置の作動を待たずとも、自分でブレーキをかけることができる。かごの落下に関しては、安全装置の装備が義務化されているものの、上昇に関しては、そのような決まりがない中、かご内の手動非常ブレーキは、異常な上昇運動を止めるためにも役立つ。一方で、そのような非常ブレーキが装備されると、暴走でないのに暴走だと勘違いして、非常ブレーキを使用してしまう乗客が出てくることが考えられる。また、いたずらをする乗客も現れるだろう。いたずらには適切な監視をするなどして対処するとして、通常走行を暴走だと勘違いすることに対しては、工夫が必要である。例えば、自動車に速度メータが装備されているように、エレベータでも速度表示を行ったり、乗り場での呼びをかご内で表示したりするなど、正常な運転を、正常だと確認できる手段があれば良いのかもしれない。ここで示した案が、最適な解だということではないが、このように問題を解決し、かご内の非常ブレーキ装備を実現すれば、万が一の事故の際にも人命が失われずに済む可能性が高まる。また、自らの命を守れる手段が与えられることにより、利用者もより安心してエレベータに乗れるようになるだろう。ただし、本件のように短時間のうちに挟まれるような事故や、同じく短時間のうちに昇降路の端に衝突するような事故については、操作が間に合わない可能性が高く、その効果は限定的になる。

エレベータの不具合情報の収集と活用について

エレベータの状態を把握するためには、保守点検作業の他に、利用者によって通報される不具合などの情報の収集と活用が、非常に重要である。保守点検作業が一定の間隔をおいてしか実施されないのに対し、利用者は常に不具合を感知し得る立場にある。しかし、このように利用者からもたらされる情報には、一般的にいくつかの限界がある。まず、利用者は保守点検要員とは違い、常時不具合に気がついているわけではない。また、不具合を感知しても、それがその時だけの一過性の現象だと思ったり、気のせいだと思ったり、もしくは自分が通報せずとも他の誰かがするだろうと思ったりして、通報しないこともある。もしくは、通報し忘れてしまうこともあるし、通報してもどうせ何も対策はされないだろうという諦めから、通報しないことも考えられる。さらには、利用者が通常の行動範囲内で感知できる範囲は、保守点検要員が機械室や昇降路で点検できる事柄と比較すると、非常に限定されるという問題もある。

このように多くの限界がある中で、積極的に情報を収集するには、利用者が、通報しやすいシステム作りが必要であり、また、その情報が実際に活用される仕組みが重要である。まずは、不具合を通報するシステムだが、現状では建物の管理者に通報するか、保守点検会社に電話で通報するかが、主な手段であろう。たとえば後者の場合、エレベータの中に記載されているエレベータの認識番号を、業者の電話番号とともに控え、あとで電話をかけて通報するというような手順が考えられる。しかし、そのような番号を控えるための筆記用具を常時携帯している人は、いったいどれだけいるだろうか。そのように面倒な手間は省かなくてはならない。そこで、たとえばの話だが、携帯電話で読み取れるQRコードを用いた不具合通報システムの構築なども有効である。QRコードを読み取れば、不具合を通報できるインターネットのサイトや電話窓口に繋がり、それがどこのどのエレベータであるかも伝える必要なく、何が起こったのかのみを伝えれば良いという仕組みが考えられる。そのようなシステムによって、不具合通報へのハードルが1つでも2つでも減少すれば、その分だけ通報が増えることが期待できる。全体として集められる情報量が増えれば、仮に間違った情報やいたずらの通報が混入していたと仮定しても、結果的には必ず有効な情報が得られるであろう。

また、集められた情報を、利用者から見られるようにすることも、不具合の

通報を促進するために有効であろう。一般に、通報する側の人間は、自分の通報した情報が活かされないと思うと、通報する気を無くしてしまう。また、通報する際に、電話の向こうの担当者に、自分が口うるさい厄介な人間だと思われたくないなどという心理も働くだろう。そのような時に、自分だけでなく、他の人からも、同じエレベータについて、どのような情報が寄せられているのかということが分かれば、余計な心配が取り除かれ、積極的に情報が提供できるようになると推測される。

さらには、集まった情報をどのように整理し、修理などの対応に活かしていくかについても、工夫が望まれる。たとえば、この報告書にもあるように、不具合情報を時間軸上に整理して、不具合発生の集中などを把握し易くするようなことが考えられる。また、同型機種の間で不具合情報を統合し、設計ミスなどによる問題発見に役立てることも考えられる。エレベータに限らず、他の製品も含めると、一部のメーカーの内部では、既にこのような情報システムが開発・導入されているらしい。このような情報が、利用者に向けても公開されるようになれば、利用者は自分の提供した情報が活用されていることを自覚でき、さらに積極的に通報するようになるのではないかと、考えられる。

以上に、貴重な不具合情報を集めるために、利用者がその通報時に感じていると思われる、煩わしさや自信のなさなどを克服するための方法の例を記述した。ここに記した案は、たとえばの話であって、これが最適であるということではない。しかし、ここで指摘したように、利用者からの情報収集の妨げとなる問題は実在すると考えられ、それらの改善を図ることにより、より多くの情報が集まるようになり、エレベータの安全向上が期待できると思われる。

エレベータ保守点検について

エレベータの保守点検に関して、まずはその現状や背景を説明してから、業者選定や業務の分担の観点から改善提案をする。

エレベータの保守点検は、従来はその製造会社ないしはその関連会社（以下「メーカ系列」とする）が担当することが多かったが、今から約40年前から、製造会社とは関係のない独立系と呼ばれる業者も保守点検を受注するようになった。独立系の業者は、一般的にメーカ系列の保守点検会社よりも安価にメンテナンスを受注している。従来は、メーカ側が独立系業者に対して、取扱説明書などの詳しい情報や、メンテナンス用の特殊機器の提供を拒否することもあった。現在は公正取引委員会の指導の下、状況が改善されている。ただし、設計の詳細情報や制御用プログラムのソースコードなど、未だに保守点検会社には公開されない情報もある。また、一部では、メーカ側から独立系業者に対して、交換用部品の提供が遅れるという問題も存在していた。このような理由から、従来は、一部では、独立系の保守点検会社によるメンテナンスの信頼性が懸念され、上述のような情報不足や特殊機器の不備や、交換用部品調達の遅れが問題視されていた。また、ひとつのエレベータの保守点検を、入札によって年度ごとに異なる業者が実施することも一般的になっているが、業者が変わる際に、新旧業者間でメンテナンス情報の引き渡しが行われないことも問題視されていた。

今回の事故をきっかけに、一部では独立系の保守点検会社の技術力不足を疑う声や、その安価さから作業の不徹底を疑う声が湧き上がっている。現実には、独立系の業者の技術力は会社によって大きく異なるが、その評価は難しい。競争入札の際の目安として、総務省による企業の一般競争参加資格の審査の等級が用いられることもあるが、それは企業の規模なども含めた総合的な評価であり、技術力の指標ではない。

一方で、メーカから独立系業者への情報や部品などの提供渋りの問題を指摘する声も生じている。また、同様に新旧業者間でのメンテナンス情報の引き渡しの難しさも指摘されている。さらに、その中で、やはり独立系ではなく、製品設計についての詳しい情報を持っているメーカ系列の業者に保守点検を依頼すべきだとの声も大きくなっている。ところが、現状ではメーカ系列の力だけでは数量的に日本全国のエレベータの保守点検ができない。また、メーカ側

が独立系業者に情報やメンテナンス機器の提供を積極的に行なうべきだという声もあるが、他社製エレベータのメンテナンスを行ないつつ、自社のエレベータの製造も行なっている独立系保守点検会社が存在する中、技術流出や競争力維持という観点からすると、これもそうは簡単に行なうことができない。より現実的な対策として、業者選定の際の価格だけに頼らない総合的な評価が考えられる。

保守点検会社の選定には、年間の保守点検作業の価格に加え、技術力や、業者を変える際に生じる、メンテナンス情報の引き渡し作業という業務負荷や、独立系の場合には、製品情報や交換部品ないしメンテナンス用の特殊機器へのアクセスの限界という特性を加味し、総合的な評価を行なうことが望ましい。しかし、現実では、数値化がし易い保守点検作業の価格のみによる選択が優先され、他の諸事項は、ほとんど考慮されないと思われる。自治体の入札制度においても、上記の総合的な評価が望まれる。ただ、残念ながら、このような複合的な評価を簡単に数値化できるような便利な公式は、未だ存在しないであろう。たとえば、いろいろと不具合の多いエレベータでは、そうでないものに比べて、業者入れ替わりに際するメンテナンス情報の引き渡しの業務負荷が大きくなる。また、故障の多いエレベータでは、そうでないものに比べて、メーカーからの部品供給の遅れがより大きい影響をもたらし易い。簡単に数値化できないかも知れないが、そのような要素も考慮しつつ、業者入れ替えの判断が必要である。参考までに、このような考え方をを用いた落札方式は、従来の価格のみによる自動落札方式に対し、総合評価落札方式と呼ばれており、一部の分野では既に適用され始めている。

また、業者入れ替えおよび選定の方針も、一定の改善が可能だと思われる。具体的には、例えば以下のような案が考えられる。(1) 不必要に業者の入れ替えを行なわない。(2) 入れ替えの際には、旧業者側に引き継ぎ業務を依頼し、必要ならばその作業量に応じた支払いを実施し、確実に引き継ぎを行なわせる。(3) 不具合の多いエレベータは、メーカー系列に保守点検を担当させるか、独立系に任せるにしても、メーカーの補助を得易い体制を整える、もしくは、エレベータそのものの入れ替えや、大々的な修理を検討する。以上のような考え方を導入することにより、よりの確な業者選定や、安全確保ができると考えられる。

さらには、以上とは全く異なる方式も考えられる。保守点検の業務をふたつ

に分割することである。ひとつは現場における業務。もうひとつは、情報管理である。現場においては、五感を活用して、実物のエレベータの健全さを点検し、潤滑や部品交換などの必要保守作業を行なう。情報管理では、対象エレベータ単体の不具合情報やメンテナンス記録を管理し、事故の前兆を捉え易くして、その予防を図る。一方で、そのような特定のエレベータの情報を同型機の情報と統合して、設計や部品の不良などが発見できるような活動も望まれる。前者の現場での作業は、メーカ系列でも独立系でも、どちらでも行なえるだろう。後者の情報管理は、メーカ系列が行なうのが良いのではないだろうか。その際、現場での保守管理からの情報は、情報管理を行なう側に報告されなければならない。現場での保守管理をメーカ系列が行なっていない場合には、独立系のメンテナンス業者とメーカ系列が連携を取る形になる。このような形式の役割分担が、現実的なのかどうかは分からない。しかし、ここで提案した形にこだわらずとも、独立系とメーカ系列の保守点検会社が、健全な形で共存できる業界の構造を作り出すことは、可能なのではないと思われる。

なお、以上は、本件の事故機の保守業者が実際に行った保守の適否について意見を述べるものではない。

追記：参考までに、港区では、エレベータの保守点検は、部品交換のコストも含めたメンテナンス全般を一括でカバーする従来のフルメンテナンス契約を廃止し、部品交換などの必ずしも予測できない作業は別払いとするPOG（パーツ・オイル・グリース）契約を原則としてメーカ系の保守業者と結ぶやり方へと変更している。従来のフルメンテナンス契約では、部品交換の際のコストは、決められた保守点検料金の中から工面されていたため、コスト削減のために保守点検業者が部品交換を渋る可能性が考えられた。POG 契約では、保守点検の業者は、部品交換などのためのコストがフルメンテナンスの予算範囲に縛られることがなくなるため、必要に応じてきちんと交換が行なわれるという想定である。ただし、ここではそのような部品交換などの作業を行なうかどうかは、追加で料金を支払う区が判断をせざるを得なくなるため、そこで誤った判断がなされる危険性が残る。

改善提案についての結論

事故の再発防止に役立つであろう各種改善の提案を行なった。設計変更のみでなく、情報管理や保守点検の方法などについても述べている。事故機や事故現場に限定せず、他のエレベータや工業製品全般に対しても、ここでの提案を応用して活用してもらいたい。なお、設計変更については、ソレノイドに関する記述が多いが、これは事故に関してソレノイドが原因となっていた可能性を示唆するものではない。

9. まとめ

本調査は、2006 年 6 月 3 日に港区シティハイツ竹芝において起こったエレベータによる死亡事故をふまえ、事故の再発防止に資する分析の提供を目的として行ったものである。ここでは、事故原因の究明を通して、再発防止に関する有益な分析の展開を行なった。原因の解明には至らなかったが、再発防止のためのいくつかの提案を行なった。将来的には、再発防止活動のために原因究明ができるような社会的環境が整うことが期待される。これらのことについて以下に述べる。

まず、本調査では事故原因の解明には至らなかった。ただ、原因として様々な可能性を挙げ、それらについて検討した。一般的に原因究明に不可欠である現地、現物、当事者および関係者のうち、本調査では現物と当事者および関係者については十分に調査が行なえなかったため、原因の解明ができなかった。ここで、当事者や関係者の中には、被害者および同乗者や現場住民などの利用者、保守点検要員、設計者、製造者、施工者、管理者、所有者、救助隊員、警察が含まれる。

原因が解明されなかったため、直接的に再発を防止するような対策は立てられない。一方で、原因の候補が挙がっており、また途中の経過現象についても一定の推測がついている。これらの発生や進行を抑えて、類似する事故を減らすことはできそうである。その具体案として、設計プロセス、設計内容、非常用装置、情報システム、保守点検などについて改善案を提案した。

しかし、やはり事故の原因が解明されないままでは安心できない。事故の再発防止のためには原因の解明が必要不可欠であり、その調査のためには現地、現物、当事者および関係者へのアクセスが欠かせない。しかし、現状では現物や当事者および関係者に十分にアクセスできるのは警察のみであるため、ほかのだれも満足のいく再発防止活動は行えない。また、今回のような工業製品関連の事故では、当事者である設計製造者の協力が特に重要になるが、刑事責任がからむような事故では現実的に設計製造者も慎重にならざるをえないため、実際には協力を得ることは非常に困難である。これは、必ずしも設計製造者が再発防止をおろそかに考えているというわけではなく、社会のシステムとして協力がしにくくなっているという面もある。重大な航空事故および鉄道事故に対しては、特別な権限を与えられた航空・鉄道事故調査委員会による調査が行

われることがあるが、例えば今回の事故のような工業製品による重大事故に関しても、同様に特別な権限を持って調査が行えるような制度の整備が有効だと思われる。

以上で述べたように、きちんとした再発防止をするには、そのための原因究明活動が行える社会的な環境整備が必要である。そのような社会環境の整備なくして満足いく事故再発防止は不可能である。具体的には、責任追及をする警察とは独立した立場で、再発防止のための調査を行う活動の価値を社会的に認め、それを行う者に現地、現物、当事者および関係者へのアクセス権限を与えることがひとつである。また今回のような工業製品関連の事故では、当事者である設計製造者の協力が得られるように、再発防止活動を奨励するような制度の整備と、そのことに理解を示す社会的な風潮も不可欠だろう。

10. 参考書籍リスト

竹内照男「エレベーター・エスカレーター入門」株式会社広研社、2002 年

塩見弘・島岡淳・石山敬幸「日科技連信頼性工学シリーズ第7 巻FMEA、FTA の活用」日科技連、2005 年

国土交通省住宅局建築指導課、(財)日本建築設備・昇降機センター、(社)日本エレベーター協会編集「昇降機技術基準の解説(2002 年版)」

11. 参考資料リスト

港区シティハイツ竹芝事故調査委員会「シティハイツ竹芝エレベーター事故調査中間報告書(第1 次)」平成18 年8 月14 日

毎日新聞2006 年6 月5 日

takram design engineering「シティハイツ竹芝エレベーター事故調査に係る第4 号機エレベーター実験報告書」2007 年9 月28 日(付録参照)

ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータ近辺ノイズ調査 調査報告書」2007 年6 月29 日(付録参照)

エス・イー・シーエレベーター株式会社「シティハイツ竹芝4・5 号機2car 運行シミュレーション」2007 年7 月21 日(付録参照)

ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズイミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日(付録参照)

朝日新聞2006 年6 月17 日

シンドラエレベータ株式会社「シティーハイツ竹芝4 号機不具合に関する報告書」2006 年12 月15 日

毎日新聞2006 年6 月9 日

東京新聞2006 年10 月6 日

エス・イー・シーエレベーター株式会社「シティハイツ竹芝No. 5 号機エレベーターの挟まれ事故に関する見解書」2006 年8 月1 日

実験現場記録シートフォルダ(現物を港区へ納品)

実験時運転制御信号データフォルダ(現物を港区へ納品)

実験データフォルダ(現物を港区へ納品)

実験記録ビデオ(現物を港区へ納品)

12. 付録

takram design engineering「シティハイツ竹芝エレベーター事故調査に係る
第 4 号機エレベーター実験報告書」2007 年 9 月 28 日

ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータ近辺ノイズ調査 調査報告書」2007 年 6 月 29 日

エス・イー・シーエレベーター株式会社「シティハイツ竹芝4・5 号機2car 運行シミュレーション」2007 年7 月21 日

ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズイミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

シティハイツ竹芝エレベーター事故調査に係る第4号機エレベーター実験 報告書
takram design engineering 070928

目次

p2～4	概要および調査目的・制約条件＜必ず読むこと＞
p5	実験実施体制
p6～10	日程順実験リスト
p11～ 95	実験詳細記録

概要および調査目的・制約条件 <必ず読むこと>

本報告書は、2006 年6 月3 日に港区シティハイツ竹芝において起こったエレベータによる死亡事故をふまえ、貴区が同様な事故の再発防止を図るために行なっている調査の一環として、当社が貴区からの依頼を受け、貴区から依頼され、許可された範囲において、2007 年6 月26 日から8 月27 日までの間に実施した実験の記録を示すものである。尚、本書を読む際には、必ず追って提出される予定の詳細分析結果を含む報告書と併せて読まなければならない。また、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。なぜなら、実験結果の詳細分析は本書作成時には行なわれておらず、ここに記されている事柄は現時点では充分検討されていないものも多く含まれるため、本書は技術的な報告書として未完成だからである。

更に、本調査には多くの制約条件がある。今回の調査では、現場検証などに基づく詳細情報がなく、現物の事故機もその詳しい設計情報もない中で、事故機と同型機である隣接機を用い、新聞記事および住民・事故当時の保守管理会社などの限られた情報源からの証言を参考に作業が進められた。このように十分な情報がなく、ある情報に関してもその正確さの検証が不可能であるという条件の下では、技術的に事故の厳密な再現は不可能であるため、本調査は事故そのものの原因を特定しうるものではなく、またそれを意図するものでもない。調査の目的は、同型機の構造・構成から想定できる類似事故発生リスクおよびその仕組みを検証し、再発の防止に資する情報を提供することである。実験の一部では、事故と類似した現象の再現を試みているが、それは事故の厳密な再現ではない。前述のような制約条件のために、そもそも厳密な再現が不可能なこともあるが、類似事故再発予防に資する情報提供のために、事故の範囲を超えた条件設定で幅広く調査を行なったことが主な理由である。よって、これらの実験結果を参照して事故について検討をする場合には、実験設定が現実の事故とどう異なるのかについて、正確に理解する必要がある、そのような理解をせずに本書の実験結果を使用することは避けられるべきである。ましてや、本書の実験結果を直接的に事故原因と結びつけることは一切あってはならない。

本書は、本書記載の各実験について、記載された結果以外の結果が発生し得ない、あるいは本書以外の実験が、事故原因及び事故再発予防の検討にあたつて不要であるという意見を述べるものではない。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

加えて、事故当時の保守管理会社からは、情報提供のほかに、実験におけるエレベータ操作・各種計測・一部データ分析などにつき、契約関係を持たずにご協力頂いたが、故意・過失の如何を問わず、保守管理会社から誤った情報が提供されている可能性や、実験で誤った操作がなされた可能性が否定しきれない。かかる情報や操作の正確性の検証は、当社の業務の範囲外であり、情報や操作の正確性についても、それらに起因する誤った実験結果や解釈についても、本書の作成者は責任を負わない。

実験は主に4つの部分から構成された。

(1) 自然状態運転実験では、事故機の同型機で隣接機である実験機を、なるべく自然な状態で運転し、事故前後に起きていた諸不具合が再現されるかどうかを調べた。それらの不具合が以前同様に起きることが確認されれば、実験機が当時と同様の状態に保たれていることがある程度推測できる上、不具合の原因を調べる機会にもなる。合計で6000 回を超える運転を行なったが、明確な不具合が発生したのは1 回のみであり、事故後に不具合が頻発していたことと比べると、実験機およびその環境が当時と同様の状態に保たれているとは言い難い。

(2) ノイズ印加を含む不具合調査実験では、電磁ノイズを人工的にかけることで、事故前後に起きた不具合を強制的に発生させ、その原因を調べることを目的とした。この実験により、事故後に起きたとして記録に残っている不具合は、全て再現され、またそれまで確認されていないような不具合も発生した。しかし、事故前に起きたとされて記録に残っているような不具合は再現されなかった。尚、かかる電磁ノイズ自体が、事故時およびその前後の自然な環境下で必ず存在したかどうかは不明である。

(3) ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験では、ブレーキライニングの摩耗がどのような状況でどのように進行するのかを調べた。ソレノイドの出力低下の具合により、エレベータが全く動かなかったり、ブレーキライニングがほとんど摩耗しなかったりすることがわかり、ブレーキが摩耗する状況というのはそう簡単にできるものでもなさそうだとことが分かった。一方で、条件がそろえば短期間で摩耗が進行しうることも分かり、今後はその条件設定が現実的かどうかという辺りも含め、調査確認が必要である。

(4) 自然上昇実験では、ブレーキが利かなくなった場合に、エレベータがど

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完全な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

のような速度で上昇するのかを調べた。全くブレーキが利かない時には、扉が充分開く間もなくエレベータが上昇してしまうことや、上昇し始めたエレベータが乗り場を去るまでには、概ね3 秒程度しかかからないことなどがわかった。

今後はこれらの実験結果を踏まえ、情報や資料の整理に加え、詳細分析や確認作業などを行ない、最終的な報告書をまとめる予定である。

繰り返しになるが、本調査は様々な制約条件の下で行なわれており、調査のきっかけとなった事故の原因特定は不可能であり、それを意図してもいない。本調査の目的は類似事故再発防止に資する資料の提供である。また、本書に記されている事柄は、詳細分析を終えていない未完成な見解であり、最終的な見解は後に予定されている報告書を参照して頂きたい。本書は、調査の途中でどのようなことを考えていたかというような、参考資料程度にしかならないことを、充分承知の上でお読み頂き、ここに書かれている情報の利用に関しては、特に誤った情報が世間一般に流れてしまわないよう、充分の注意をお願いしたい。

本書は、2007 年8 月末日までの情報に基づき作成されており、その後判明した情報によっては、結論が変わりうることをご了承ください。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

実験実施体制

有限会社 タクラム・デザイン・エンジニアリング

実験計画・実施・報告書作成

田中宏技術士事務所

ブレーキに関する技術支援および実験実施補助

エス・イー・シーエレベーター株式会社

実験機（4号機）の運転操作および計測・一部データ分析などの技術支援

ノイズシールドジャパン株式会社

ノイズの計測及び印加作業並びに技術支援

日本放送協会

実験記録映像撮影のための技術支援

シンドラエレベーター株式会社

実験のための部品提供

三菱電機ビルテクノサービス株式会社

5号機（隣接の運行機）の安全確保のための技術支援

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

日付	実験No.	実験区分	備考	Video・No.
6月26日	1	ノイズ測定試験	荷重0%	1
	2	ノイズ測定試験	荷重140kg	2
	3	ノイズ測定試験	荷重50%	3
	4	ノイズ測定試験	荷重100%	4
7月3日		ノイズ測定試験	屋外	
	5	運転時かご・ブレーキコイル振動測定	荷重100%	5
	6	運転時かご・ブレーキコイル振動測定	荷重50%	6
	7	運転時かご・ブレーキコイル振動測定	荷重140kg	7
7月9日	8	運転時かご・ブレーキコイル振動測定	荷重0% (測定機器搭載)	
	9	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階23F	8
	10	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階22F	9
	11	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階21F	10
	12	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階20F	
	13	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階19F	11
	14	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階18F	
	15	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階17F	12
	16	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階16F	13
	17	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階15F	14
7月10日	18	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階14F	15
	19	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階13F	
	20	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階12F	16
	21	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階11F	
	22	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階10F	17
	23	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階9F	
	24	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階8F	18
	25	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階1F	19
	26	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重130kg+計測要員体重 基準階B1F	20
	27	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階8F	21
7月11日	28	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階9F	22
	29	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階10F	23
	30	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階11F	24
	31	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階12F	
	32	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階13F	25
	33	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階14F	
	34	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階15F	26
	35	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階16F	27
	36	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階17F	
	37	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階18F	28
7月12日	38	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階19F	
	39	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階20F	
	40	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階21F	29
	41	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重130kg 固定停止階22F	
	42(1)(2)	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階8F	(1)30(2)31
	43(1)(2)	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階9F	(1)31(2)32
	44	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階10F	33
	45	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階11F	34
	46	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階12F	35
	47	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階13F	36
7月13日	48	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階14F	37
	49	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階15F	
	50	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階16F	38
	51	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階17F	
	52	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階18F	
	53	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階19F	
	54	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階20F	39
	55	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階21F	
	56	自然状態運転実験 出動モデル	荷重130kg 固定停止階22F	
	57	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階8F	40
7月12日	58	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階9F	41
	59	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階10F	42
		自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階11F	
	60		Note:ミスが続いたため、やり直し。	43
	60-②	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階11F	44
	61	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階12F	45(1)
	62	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階13F	45(2)
	63	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階14F	
			Note:EV内 ビデオスイッチOFFだったため、実験やり直し(床)	46
	63(やり直し)	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階14F	
7月13日	64	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階15F	
	65	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階16F	47
	66	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階17F	
	67	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階18F	48
	68	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階19F	
	69	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階20F	
	70	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階21F	49
	71	自然状態運転実験 出動モデル	荷重50% 固定停止階22F	
		自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階8F	
	72		Note:かご内ビデオ開始の際、間違えてNo.73としてホワイトボードを撮影 消さずにその後No.72でうつし直し。	50
7月13日	73	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階9F	51
	74	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階10F	52

	75	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階11F	
		自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階12F	53
	76		Note: 11:04ごろ、19階へのUPで18mm行き過ぎ。写真撮影2枚	
	77	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階13F	
	78再確認 実験		Note: 終わった段階で76の時の再確認計測運転として、 「1F→12F→19F→1F」を運転。	54
	78	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階14F	
	78再確認 実験No.2		「1F→12F→19F→1F」の運転・計測 5回行う。	55
	79	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階15F	
	80	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階16F	56
	81	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階17F	
	82	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階18F	
	83	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階19F	57
	84	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階20F	
	85	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階21F	
	86	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重50% 固定停止階22F	
	87	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階23F	58
	88	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階22F	59
	89	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階21F	60
	90	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階20F	61
	91	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階19F	62
7月17日	92	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階18F	
	93	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階17F	63
	94	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階16F	
	95	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階15F	64
	96	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階14F	
	97	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階13F	65
	98	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階12F	
	99	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階11F	66
	100	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階10F	
	101	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階9F	67
	102	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階8F	68
	103	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階1F	69
	104	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重50% 基準階B1F	70
	105	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階8F	71
		自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階9F	
	106		Note: 21:22 「12F→9F→1F」とすべきを「12F→1F」(9Fのボタンの押し間違い)	72
7月18日		自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階10F	
	107		Note:→最初のサイクルで1F→23F 行ったところで、23F かご内指示ボタン押し忘れ。(1F押すはずだった) → 10Fで呼び…到着 → 21Fに移動、開扉、閉扉。21Fへのかご内指示は無かった。 (ビデオで確認) 21Fの呼びボタンカバーは5分後に確認した際にはきちんと残っていた。ただし、カバーを外しての押ボタンいたずら、及びカバーの上からの押ボタンの可能性は完全には否定できない。張り紙もしくは投函によるいたずら調査をするとうい。 カバーの上から押すことを試したところ、けっこう簡単に押すことができた。押した人がいないか調べたい。	73
	108	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階11F	73
	107 ②	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階10F やり直し	74
	109	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階12F	75
	110	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階13F	76
	111	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階14F	
	112	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階15F	77
	113	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階16F	78
	114	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階17F	79
	115	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階18F	
		自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階19F	
	116		Note: 1往復目のみ、かご内全体のビデオ録画できず。	
	117	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階20F	
	118	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階21F	80
	119	自然状態運転実験 出勤モデル	荷重100% 固定停止階22F	
	120	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階8F	81
	121	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階9F	82
	122	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階10F	83
7月19日	123	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階11F	
	124	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階12F	84
	125	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階13F	85
	126	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階14F	86
	127	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階15F	
	128	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階16F	87
	129	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階17F	88
			Note: 23Fから降りる時にコソソと音がするが、重さによるかごの歪みのせいである。	
			実験No.129 のみ 床ビデオ録画忘れ。	
	130	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階18F	88
	131	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階19F	
	132	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階20F	
	133	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階21F	89
	134	自然状態運転実験 帰宅モデル	荷重100% 固定停止階22F	
	135	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階23F	90 (1)
	136	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階22F	90 (2)
	137	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階21F	91

	138	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階20F	
	139	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階19F	92
	140	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階18F	93 ブレーキ (92)
	141	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階17F	
	142	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階16F	94
7月20日	143	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階15F	
	144	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階14F	95
	145	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階13F	
	146	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階12F	96
	147	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階11F	97
	148	0.25秒開ボタン実験 主操作盤使用		98
	149	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階10F	99
	150	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階9F	99,100
	151	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階8F	101
	152	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階1F	102
	153	自然状態運転実験 各階網羅運転	荷重100% 基準階B1F	103
	154	ソレノイドコイル温度上昇実験	60分で54℃ ←内部推定90数度	104
	155	自然状態運転実験 全階停止運転 上昇および下降		105
7月23日	156	開ボタン実験	Note: ビデオ(ホワイトボード)には間違えてNo.155になっている。	
		完全釣り合い荷重調査	11:00頃 Note: かご上で重り発見！(140kg) → かごつり合い荷重を調べていたところ、定格の30%台と異常に少なかったため調べたら、かご上の重りに気付いた。 重りはカウンターウェイトから移したということが、カウンターウェイト側 重り固定ボルト跡から確認された。後にシンドラー社からも8月末か 9月上旬にウェイト移動を行ったとの報告を受けた。(翌日午前中に) →その際には、振動軽減や床ずれ解消、その他不具合解消・原因 究明の一環として、ウェイト移動を行った。そのまま作業については 区に報告することなく、この時まで放置されていた。 午後にウェイトをカウンター側に戻した。	106
	157	自然状態運転実験 全階停止運転 上昇および下降		
	158	自然状態運転実験 2階とばし運転 上昇および下降		107
	159	自然状態運転実験 全階停止運転 上昇および下降		
7月24日	166	自然状態運転実験 全階停止運転 上昇および下降	実験160のところを間違いで166として、その後も継続してしまった。よって 160-165は存在せず。	108
	167	自然状態運転実験 奇数階停止運転 上昇および下降		
	168	自然状態運転実験 偶数階停止運転 上昇および下降		109
	169	自然状態運転実験 全階停止運転 上昇および下降		
	170	自然状態運転実験 偶数階停止運転 上昇および下降		110
	171	自然状態運転実験 奇数階停止運転 上昇および下降		
		かご振動測定(かご上ウエイトを本来の位置に戻して)	Note: 振動測定実験も行い、7月3・4日の結果と比較。 ウェイトを取り除いた後の方が振動が大きいことを確認。 (かご内ゆれセンサが動いていない模様。要チェック) 振動測定に関してはビデオ録画なし。	
7月25日		ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験(B実験) 準備	ブレーキパッド取り替え、ブレーキトルク計測	
	B-001	ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験1	ブレーキは完全に閉じた状態 荷重釣り合い 短距離運転 → 1階床down(10F→9F) 3階床 UP (9F→12F) どちらもすぐに、ほこりっぽい煙の臭いがした。(モニター前で見ていた) 乗っていた作業員は、振動があったと証言。 冷房・冷却ファンを止めて実験した。 ブレーキは室温から40℃程に上昇。	111
7月26日	B-002	ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験2	ブレーキは完全に閉じた状態 荷重釣り合い 長距離 60m/min 13:46～ 23F→B1F、ブレーキ閉じたまま運転、ブレーキドラム温度は 急激に上昇、2百数十℃に(荷重)つり合い？ 冷まして様子を見ることに。 ・臭い発生 ・煙発生 ・ドラムの熱膨張らしい計測結果も現れた。 運転後、ブレーキが開いているような位置計測がされたが、 ドラム熱膨張のためと思われる。 ・14:15ごろから強制空冷。 2時間ほどで室温に。 ・速度が 60m/minしか出ていなかったことが判明。 電源投入後初回はそうなるらしい。	112
	B-003	ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験3	ブレーキは完全に閉じた状態 荷重釣り合い 長距離 105m/min B1F→23F 上昇 ブレーキは完全に閉じたまま(コイルに電流を供給せず) 運転 荷重 つり合い？ ・130℃程度までしか温度上昇せず時間が短いからだろう。 それでも煙発生。かなり煙い。 速度は 105m/min ・特別な音はしなかったように記憶しているが、 作業員の1人は振動と音を感じたらしい。	113
7月27日		シンドラー社による4号機事故後の作業についての 現場説明。	Note: 午前中 シンドラー社員2人訪問	
7月30日		ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験 準備	ブレーキコイル半開電流値について実験	
7月31日		ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験 準備	ブレーキコイル半開電流値について実験	
8月1日		ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験 準備	ブレーキコイル半開電流値についての実験結果分析	
		自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)		
	D1	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	Note: 2進1退パターン 66走行 (機械室 無人ボタン操作) ・リボンケーブル: 上下とも右ラック内 ・制御盤ドア開放	115
	D2	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	Note: 同上、ただし… リボンケーブル: 上下とも引き出して	
	D3	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	Note: 同上、ただし… リボンケーブル 下降中 : 上はしまって下は出して上方に曲げ 上昇中 : 上下とも左側ラック内	116, 117
	D4	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	Note: 同上、ケーブル左ラック内	

	D5	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	Note: 2進1退パターン 上ケーブルは右ラック内 下ケーブルは出して 制御盤ドア閉じ、14F→13F下降運転中、(当実験中47走行目) 13Fで312mm 行き過ぎ。戸開せず。 多段速指令・比例速度指令に誤信号確認。 中断	118
	D6	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	D5と同じ条件	119
	D7	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	D5と同じ条件	
	D8	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	D5と同じ条件	
	D9	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	D5と同じ条件	120
	D10	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	Note: 有人で各階、奇数階、偶数階 それぞれ下降上昇往復。 上端・下端の階からスタート時に全ての行き先ボタンを予め押しておき、リレー階など、制御盤への負荷を増やすことを試みた。 主・副操作盤両方で。	121
8月2日	D11	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	Note: 有人:各階・奇数階・偶数階 (D10同様)	122
	D12	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	Note: 同上 奇数階downで、B2Fに到着時機械室で騒音。 ブレーキ切りから高音の擦れるような音。再現を試みたところ、 カウンターウェイト側のケーブルがウェイトラック上 プーリーの向きとの 関係でねじれていたので、ウェイトが最上に来る かがB2Fの時、 ケーブルがワイヤキャッチャとこすれたためと思われる。再現された 音は作業員の証言によれば、最初のものより低い音だったが、 ビデオ録音と比較しようとしても騒音が大きく、よく聞こえなかった。 →この後、B2Fへの運転は避けることに。 D12はここで中断。(60回)D13へ	
	D13	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	Note: 各階・奇数階・偶数階 D12と同じ ただし、B2F除くため1セット92回	123
	D14	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	同上	
	D15	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	8月1日D1と同じ 2進1退パターン。条件もD1と同じ	124
	D16	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	8月1日D1と同じ 2進1退パターン。条件もD1と同じ	
	D17	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	8月1日D1と同じ 2進1退パターン。条件もD1と同じ	
	D18	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	8月1日D1と同じ 2進1退パターン。条件もD1と同じ	125
	D19	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	8月1日D1と同じ 2進1退パターン。条件もD1と同じ	126
	D20	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	8月1日D1と同じ 2進1退パターン。条件もD1と同じ	
	D21	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	Note: 各階・奇数階・偶数階パターンで、人は乗らず機械室操作。 (ボタンはまとめて押さず。)	
	D22	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	同上	
8月3日	D23	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	Note: 各階・奇数階・偶数階 変則パターン モータ・ソレノイド 温度上昇計測のため →結果は後でSECからもらうこと。 →D11、D12組み合わせに準じる。昨日、その時にも計測していた。 →昨日はモータ冷却ファンが回っていたが、今日は止めて計測。 各階・奇数階・偶数階・各階・奇数階の 1セット168回運転	なし
	D24	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	同上	
	D25	自然状態運転実験 荷重100%(フェライトを外して)	Note: 各階・奇数階・偶数階 (温度計測継続) ・D23～D25は紙記録及び、ビデオ記録なし。 SECはデータ記録。 タスクスタッフが計測データ監視。異常なし	
	B4	ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験4	Note: 積載荷重ゼロで、ブレーキトルク 50%(160Nm?)設定し、そのまま 運転。23F、B1 間を2・3往復し、休憩後、再度2・3往復。 走行距離831m 発熱・発煙 けずれ確認(透明けに) ～微小(0.03mmほど)	128
8月6日	B5	ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験5	Note: 荷重0% ブレーキトルク 25% (70～90Nm) シミュレーション、テスト2時間のパターンの予定ではじめ、 結局82minで中止。 電流値が間違えて0.72Aのはずのところ、0.35Aだったことに、 実験後に気付いた。	129 ①・②
8月7日		ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験5	Note: B5の計測データ解析 走行距離あたりの摩耗レートは 0.085mm/km	
8月8日	B6	自然上昇実験1	10F→12F停止→戸開待ち→ブレーキ開放→自由運動→停止 Note: かが自由上昇運動の様子を見る。 出入口枠(2100mm)通過まで3秒前後、逃げられなさそう。	130
	B7	自然上昇実験2	10F→走行中ブレーキ開放→12F到着→戸開→戸開?→自由運動 Note: 戸開が終わる前に上昇し、ドアが開。	131
	B8	自然上昇実験3	12F停止→ドア開→ブレーキ過電 (0.01Aきざみ)→かご上昇したら停止。 Note: 0.72A、0.76A、0.78Aの3度。	131 ・ 132
8月9日	B9	自然上昇実験4	Note: 5kgの米袋を10cm、20cm、50cmから落とし、かご内に衝撃を 与えることによってブレーキの滑り出しのきつかけとなるかどうかを 試した。12Fにて。 50cm 0.73→0.74A 0.75→0.76A 0.75→0.76A の3回確認 衝撃と無関係に電流調整中に動いた。	B-9① 133 ・ B-9② 134
	B10	自然上昇実験5	Note: B8と同等の実験をB1Fにて、0.73Aで3回確認。	134
	B11	自然上昇実験6	Note: B8と同等の実験を21Fにて、0.75A、0.76A、0.75A	134
				手持ち B-9～B-11 133

8月10日		ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験6	荷重130kg、ソレノイド供給電流0.55A 6/23土曜日の運行記録に基づく2台運行シミュレーションパターンで9時間運転	
	B12		Note: 発煙・においともに控えめ(階下では分らないかも) 温度は 200~400℃に上昇 (翌週月曜に計測) ~両側とも0.25mmほどずつアームが内側へ寄っていた。 ~ソレノイドのストロークにして1.5mmほど奥に入っている。 ドン突きになるまで、あと1mm程。 ~摩耗レートは約0.02mm/km ここまで9hなので、そのままのレートが続くとしたらあと8hでドン突いて事故のようなすべりが生じる計算になる。	135
8月13日		ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験7	Note: B12計測 150%および100%+120kgですべり始める ブレーキトルクを計測。	
8月14日	B13	ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験8	Note: 130kg、0.25Aで連続9h運転... しようとしたが動かず。 19Fから下り、ウェイトのアンバランスに加えブレーキの抵抗が大きかったためだと思われる。 どこからどう言った制御で止まるのかは未確認だが、10秒ほど動こうとしてダメだと停止するらしい。 ~なぜかその後戸開する。	136
	B14	ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験9	Note: 試しにup (19→20)をさせると動く。 20→19の downも動く。 19→18は動かず。 メカニズム解明調査実施	136
8月15日	B15	ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験10	Note: ソレノイド 0.70Aで、極力ゆるくした状態での摩耗試験。 ソレノイドにはジワジワ力がかかり、走行途中にアームが開いていた。 温度は100~140℃と低め。においも少ない。	136
8月16日		ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験10,11	B15 計測・B16準備	
8月17日	B16	ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験11	荷重130kg、ソレノイド供給電流0.48Aで、強めの摩擦抵抗	137
8月20日	C1	ノイズ印加を含む不具合調査実験1	バースト・完全停止・ラック間ケーブル下 フィルタ無し	138
	C2	ノイズ印加を含む不具合調査実験2	バースト・完全停止・ラック間ケーブル下 フィルタ有り	138
	C3	ノイズ印加を含む不具合調査実験3	インパルス・完全停止・ラック間ケーブル下 フィルタ無し	139
	C4	ノイズ印加を含む不具合調査実験4	インパルス・完全停止・ラック間ケーブル下 フィルタ有り	139
	C5	ノイズ印加を含む不具合調査実験5	インパルス・完全停止・ラック間ケーブル上	139
	C6	ノイズ印加を含む不具合調査実験6	インパルス・完全停止・右ラック(主操作盤)入出力	139
	C7	ノイズ印加を含む不具合調査実験7	インパルス・完全停止・左ラック(副操作盤)入出力	140
	C8	ノイズ印加を含む不具合調査実験8	インパルス・完全停止・1/O=インバータ間	140
	C9	ノイズ印加を含む不具合調査実験9	インパルス・完全停止・インバータ=モータ間	140
	C10-1	ノイズ印加を含む不具合調査実験10-1	インパルス・21F-19F間往復・インバータ=モータ間	141
	C10-2	ノイズ印加を含む不具合調査実験10-2	バースト・21F-19F間往復・インバータ=モータ間	141
	C11	ノイズ印加を含む不具合調査実験11	インパルス・21F-19F間往復・ラック間ケーブル下 フィルタ無し	141
	C12	ノイズ印加を含む不具合調査実験12	インパルス・21F-19F間往復・ラック間ケーブル上	142
8月21日	C13	ノイズ印加を含む不具合調査実験13	インパルス・完全停止(11F)・右ラック上の2本	143
	C14	ノイズ印加を含む不具合調査実験14	インパルス・10F-12F間往復・右ラック上の2本	143
	C15	ノイズ印加を含む不具合調査実験15	インパルス・10F-12F間往復・右ラック上の2本	144
	C16	ノイズ印加を含む不具合調査実験16	インパルス・10F-15F間往復・右ラック上の2本	145
	C17	ノイズ印加を含む不具合調査実験17	バースト・10F-12F間往復・右ラック上の2本	145
	C18	ノイズ印加を含む不具合調査実験18	バースト・10F-12F間往復・右ラック上の2本	146
	C19	ノイズ印加を含む不具合調査実験19	インパルス・10F-12F間往復・ラック間ケーブル下 フィルタ無し	147
8月22日		過積載検出スイッチの確認		
		定格荷重125%積載時の動的制動力確認		
8月23日	B17	ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験12		148
8月24日	B17続き	ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験12		
8月27日	C20	制御盤内コネクタ抜け易さチェック		149

実験詳細記録

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ測定試験

6 月 26 日

実験番号 1-4

目的

事故そのものの原因、およびその前後に起きていたエレベータの不具合の原因として、制御盤にかかる電磁ノイズが疑われている。制御盤の置かれている環境、すなわちエレベータ機械室内に、制御盤に悪影響を及ぼすほどの強さの電磁波および電磁場が存在するかを確認することを目的とする。

手段

アンテナとスペクトラムアナライザを用い、機械室内の電磁波および電磁場を計測する。アンテナ設置は、制御盤前1m ほどの場所である。その際、以下の各パラメータを変化させて、それぞれ計測を行なう。

積載荷重条件:0kg・140kg・定格荷重50%・定格荷重100%

運転状況:停止・4 号機(=実験機)稼働・5 号機(=隣接機)稼働

また、機械室の外でも、同じ機材を用いて測定を行ない、屋内と屋外での電磁波・電磁場環境の違いを確認する。

比較対象として、郊外の住宅地でも同様の計測を行ない、ひとつの基準とする。また、実験中は電源電圧変動および電源ライン・グラウンド間パルスノイズも監視する。

結果

住宅地との比較では、現場屋外はより強い電磁波・電磁場の存在する環境である。エレベータ停止中の機械室内では、屋外と比較すると、電磁波・電磁場は弱くなっており、エレベータ停止中には特に問題となりそうな電波は確認されなかった。一方で、エレベータ稼働中には、インバータ起因と思われる電磁ノイズが確認された。しかし、これが不具合の原因となったかどうかは、この測定だけでは判断できない。ここで、製造元も異なる 4 号機(シンドラールエレベータ)と 5 号機(三菱電機)では、電磁場の周波数帯域が異なっていた。

電源電圧変動および電源ライン・グラウンド間パルスノイズに関しても、問題

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

になるような変動やノイズは確認されなかった。

参考資料

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータ近辺ノイズ調査 調査報告書」2007 年 6 月 29 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

運転時かご・ソレノイド振動測定

7 月3 日

実験番号5-8

目的

事故の前には、その前兆として、エレベータの乗り心地に変化があったことが推測される。乗り心地、すなわち、利用時のかごの振動や騒音などに、利用者に判るだけの変化があったのかどうかを、一連の実験を通して調べる。明確な前兆があるのであれば、その特徴を世間に広く知らせめることにより、同様の事故再発予防が可能となる。一方で、はっきりとした前兆が無いのであれば、利用者が危険に気付くことは無理なので、メンテナンス要員が対策を打てるようになっているか、エレベータのシステムそのものが危険回避をするようになっていなければならない。

何も特別手を加えない自然状態での運転、ブレーキを摩耗させながらの運転、そしてノイズをかけながらの運転実験が予定されているが、事故の前兆ともなり得る条件下での乗り心地を、通常状態でのそれと比べるため、かごの振動を予め計測しておく。

また、事故の推定原因として、ソレノイド(=ブレーキコイル)の故障から始まるブレーキライニングの摩耗があるが、ソレノイドの故障理由は明らかになっていない。事故機では、ソレノイドがブレーキアームに直接取り付けられているため、ブレーキの開閉に伴い、ソレノイドが毎回動く構造になっている。この時の加速度が充分大きければ、長期間の使用を通じ、その振動がソレノイドに機械的な不具合をもたらせる可能性がある。この確認のための情報として、ブレーキ開閉時のソレノイドの加速度も予め計測しておく。尚、一般的には、ソレノイド本体がブレーキアーム以外の構造物に固定されており、ブレーキの開閉をしてもソレノイドは動かない設計になっているものもある。各メーカーがどのような理由でどのような設計を採用しているかについて、いずれ調査を行ないたい。

手段

加速度計を用い、縦横前後の3 軸で運転中のかごの振動を計測する。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完全な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ソレノイドにも加速度計を設置し、開閉時の加速度を計測する。

実験は下記の条件について行なう。

積載荷重条件: 0kg・140kg・定格荷重50%・定格荷重100%

運行パターンは、長距離・中距離・短距離それぞれの、上昇下降を組み合わせたもので行なう。

結果

かごの振動に関しては、その後の実験でも特別な事象は確認されなかったため、振動計測データでも詳しい比較はしていない。

ソレノイドに関しては、最大で、絶対値にして4.0G、peak-to-peak で6.0G の加速度が記録された。

参考資料

実験データフォルダ内計測データプロット

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

自然状態運転実験

7 月 9-20 日

実験番号9-147, 149-153, 155,

目的

事故前後に発生した諸不具合の原因を調べ、それらと事故の原因との間に関連があったかどうかの検討用情報を収集することを目的とする。事故前に報告されている不具合は、振動、異常音、到着時の床の位置ずれ、閉じ込め、乗り場呼び不反応である。事故後に報告されている不具合は、到着時の床の位置ずれ、閉じ込め、指定外階停止、指定階不停止、かご内操作盤点滅および表示灯のちらつきである。まずはそれらが今回の実験中に再現されるかどうかを確認し、実験機が事故当時と同等の状態に保たれているか否か、検討する。再現された際には、その現象と原因を調べ、同様の、もしくは異なる事故の原因となりうるのかどうか、検討をする。

手段

エレベータには特別手を加えることなく、そのままの自然な状態で運転を繰り返し、不具合の発生を監視する。ただし、計測のために、加速度計、速度計、温度計、制御信号へのプローブなど、多数の計測機器が、機械室とエレベータかごに設置されている。

運転パターンは以下の通りである。

- (1) 各階網羅運転:ある階からある階への移動パターンを、かご内ボタン指示で動く場合と、乗り場呼びボタンで動く場合につき、全ての組み合わせを網羅して運転し、不具合発生を確認する。かご内ボタン指示に関しては、扉の横にある主操作盤と、かご内左右の壁にある副操作盤の全てを用いる。実験対象階は、普段利用されないB2 および 2-7 階は除き、B1, 1, 8-23 階の各階とする。(運転回数=612 回×3 荷重条件=1836 回)
- (2) 帰宅モデル:夕刻から夜にかけて、帰宅者が多い時間の運行パターンを想定。1 階からかご内指示で2つの居住階に上がり、1 階の呼びボタンで再び1 階へ戻る。2 つの居住階は、8 階から23 階の全ての階の組み合わせにつき実行。(運転回数=360 回×3 荷重条件=1080 回)
- (3) 出勤モデル:朝に、出勤・登校者の多い時間の運行パターンを想定。1 階

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完全な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

にいるエレベータを呼びボタンで2つの居住階へ呼び、かご内ボタン指示で1階に降りて来る。2つの居住階は、8階から23階の全ての階の組み合わせにつき実行。(運転回数=360回×3荷重条件=1080回)

(4)全階停止運転:B1-23階の各階停止で、上昇および下降。

積載荷重条件:130kg・定格荷重50%・定格荷重100%

結果

明らかに不具合と認識できる現象は、一度も発生しなかった。しかし、エレベータが、実験作業員が操作していない階に行ってしまうという現象が、三度発生した。これらが不具合であるのか、住民などによる呼びボタン押しによるものなのかは、確認が取れなかった。以下に詳細を記す。

(1)振動:目立って大きな振動は確認されなかった。実験期間中に、住民を含め、以前のエレベータ利用者にも試乗をしてもらったが、乗り心地が改善されている気がするという感想を得た。

(2)異常音:2週間の実験中に確認された異音は、7/19 14:00 頃、定格荷重相当の重り積載時の、23階付近下降運転時のコツンという音のみである。これは重りによってかご構造が歪んだためであり、エレベータ専門家に相談した上、安全上は問題ないと判断した。

(3)床位置ずれ:実験を行なってきた2週間の間に、20mm以下のずれは何度も確認されており、その中でも20mm近いものは3回現れている。(7/13 11:03 12F-19F 上昇後20mm 行き過ぎ。7/17 8:00 頃 19F-18F 下降後18mm 行き足らず。7/20 8:26 16-14F 下降後18mm 行き足らず。)しかし、該当運行時に記録した計測データを確認したところ、センサ信号にせよ制御信号にせよ、不具合と認識できるようなことは確認できなかった。よって、これら20mm以下のずれは、正常運行範囲内の誤差として考え、いわゆる不具合としては扱わないことにした。20mmを超える不具合は、事故後の記録としては残っているが、この2週間では一度も起こっていない。

(4)閉じ込め:目的階に到着しても扉が開かないということはなかった。以前記録されている閉じ込めは、床の位置ずれが大きかったことが原因と

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完全な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定するものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

されているものもある。この2週間では大きな床ずれは発生していないため、閉じ込めも発生しなかったのだろうと推測できる

- (5) 乗場呼び不反応: 乗り場の呼びボタンを押してもエレベータが来ないという現象は、確認されていない。ただし、エレベータ内の「停止スイッチ」というものを操作すると、呼び信号がキャンセルされるという設定になっており、そのために乗り場の呼びボタンを押してもエレベータが来ないという現象が実験中に起きている。(7/11 15:00 前後に12F-11F-1F と行くはずのところを11F 通過。同じく21F-11F-1F と行くはずのところを11F 通過。)しかしこれは正常な動きであり、不具合ではない。また、エレベータの走行中に、通過間際の階で呼びボタンを押しても、減速ができないことから停止はしない。このような際に、呼びボタンを押しても停止しなかったと不具合を訴えた利用者は、一定割合いたものと考えられる。
- (6) 指定階外停止: かが内ボタンや乗り場呼びボタンで実験作業員が指示していない階に行ってしまう現象は、三度起こっている。そのうち最初の二度は、実験開始間もなくに起こったことで、作業員の操作なく、1 階および8 階へと運転された。乗り場呼びボタンにカバーを装着する以前のことであり、1 階への運転については子供がボタン操作をしていたことが目撃者によって証言されている。当時、ボタンの上からはテープが貼られていたが、テープの上から押すことができた。もう一方の8 階についても誰かがボタン操作をした可能性があるが、確認は取れておらず、今となっては確認の方法がない。この直後にカバーを装着し、以後数日間はそのようなことがなかったため、何者かが呼びボタンを操作した可能性が考えられるが、一方で人的操作によらないノイズなどによる誤動作であった可能性も否定できない。

三度目は7/18 水曜日7:45 ごろに起こっており、停止していたエレベータが実験作業員の操作なく23 階から21 階に移動した。これについても、誤作動なのか、誰かが乗り場呼びボタンを操作したのか、確認が取れていない。前述のように乗り場呼びボタンにはカバーが装着されていたが、カバーは発泡スチロール材がテープで固定してあるだけであるため、その気になればテープを外してボタン操作をすることができる。また、カ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完全な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

バーを外さなくとも、発泡スチロール材の上からボタンを押すことも簡単にできることが確認された。よって、カバーがあるからといって、部外者の操作を完全に防止できているわけではないことがわかった。その事象があった直後に、作業員数名が確認のため21 階に駆けつけたが、その階にいた運送屋配達員の話では、自分は操作をしていないし、他にも操作をした人は見かけなかったとのことだった。また、事象発生時から作業員が駆けつけるまでの間に、もう一方のエレベータは21 階に止まっていなかったため、操作をした人がエレベータで去ったということも考えにくい。すると、人的操作とは無関係に、ノイズなどによる誤動作が起きた可能性も否定できない。一方で、例えば、配達員が見逃した人が操作を行ない、エレベータが動き出したのを見てまずいと思って階段から逃げてしまったことも考えられる。再び誤動作なのか、誰かが乗り場呼びボタンを操作したのか、確認が取れなかった。

これを踏まえて、施錠ができる、より頑丈なカバーの設置も検討したが、実験の日程と比べ、時間がかかることが予測されたため、断念した。

(7) 操作盤点滅および表示灯のちらつき:かご内の実験作業員、及び機械室のモニタ監視員が実験中観察をしていたが、操作盤点滅および表示灯のちらつきは確認されていない。

(8) 誤操作: 作業員のミスにより、行き先を間違えるなどのことが、実験中毎日数回確認された。そのうち、作業員が操作を間違えたことを自覚している場合もあれば、そうでなくビデオの記録で誤操作を確認したこともあった。そのことを考慮すると、以前報告されている行き先違いの不具合に関しては、一定割合は誤操作による勘違い報告だった可能性がある。

参考資料

計測データプロット、実験現場記録シート、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

開ボタン実験

7 月20 日, 23 日

実験番号 148, 156

目的

開くボタンを操作するタイミングによっては、エレベータが誤動作し、扉が開いたまま走行するという現象が、事故現場とは違う場所のシンドラエレベータ社製のエレベータで確認されている。具体的には、開いていた扉が閉じ切る寸前(0.25 秒以内)に開ボタンが押された場合に、扉が再度開くにも関わらず、エレベータが走り出してしまうということである。また、ある情報によれば、扉が開き始めた直後(0.25 秒以内)に、開ボタンを押すと、同様にエレベータが戸開走行をする場合もあるとのことであった。事故の時にそのようなことが起きていた可能性があるため、上記のようなタイミングで開ボタンの操作を行ない、戸開走行が起こるかどうかを確認する。尚、上記のような誤動作が起こり得ることが確認されたエレベータについては、シンドラエレベータ社が既に対策を施してあるとのことである。

手段

- (1) 扉が開き始めた直後(0.25s 以内)にかご内開くボタンを一瞬だけ押し、その後に扉が開いたままエレベータが動くかを確認する。
- (2) 扉が開き始めた直後(0.25s 以内)からかご内開くボタンを5 秒ほど押し、その後に扉が開いたままエレベータが動くかを確認する。
- (3) 扉が閉じ切る直前(0.25s 以内)にかご内開くボタンを一瞬だけ押し、その後に扉が開いたままエレベータが動くかを確認する。
- (4) 扉が閉じ切る直前(0.25s 以内)にかご内開くボタンを5 秒ほど押し、その後に扉が開いたままエレベータが動くかを確認する。

上記の4 パターンの操作を、かご内主操作盤・副操作盤を用いて、それぞれ下降・上昇10 運転分ずつ行なった。

結果

戸開走行は発生しなかった。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完全な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

参考資料

計測 データプロット、実験現場記録シート、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ソレノイドコイル温度上昇実験

7 月 20 日

実験番号 154

目的

ソレノイドのコイルに通電をすると、コイルの温度が上昇する。エレベータが休み休み動いている時には、ソレノイドの通電も切れ切れになり、温度もさほどは上昇しないので、安全である。しかし、休み無しにソレノイドが駆動されると、コイルが過熱状態になり、絶縁皮膜の劣化などの不具合を起こしかねないことが懸念される。ここでは、エレベータ無休運転の際の、ソレノイドコイル温度上昇を調べる。

手段

ソレノイドの外部温度を計測しつつ、エレベータを最上階・最下階間で、休み無しに往復運転させる。その際、ソレノイドコイルの温度が100℃近くになるまで、どれだけの時間がかかるのかを、調べる。事前の調査で、ソレノイドの外部温度と内部温度との関係が判っているので、外部温度をモニタリングしつつ、運転を行ない、目的の温度に達したところで実験を終了する。

結果

60 分の運転の後、外部温度が54℃に達した。これに対する内部のコイル温度は推定90 数℃である。今後、絶縁皮膜の耐熱温度や、定格使用温度を調べ、実験結果と比較検討をしたい。

ただし、今回の実験のように全く休み無しに一時間も運転することは実際の使用環境では不自然であり、これは極端な状況を人工的に作り出した実験である。一方で、利用者が多い時間帯に、何らかの理由で2 台あるうちの1 台しか動いていない状況では、休みが少ない状況での駆動が1 時間程度継続されることは、充分考え得ることである。そのことを考慮した際に、充分高い定格稼働率のソレノイドが選ばれており、過熱による絶縁皮膜劣化などに対する考慮がされているかどうかを今後確認したい。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

完全釣り合い荷重調査

7 月 23 日

実験番号 なし

目的

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験では、エレベータブレーキの静止摩擦力が注目点となる。その計測を行なうためには、エレベータのかごとカウンターウェイトを、完全にバランスさせなければならない。カウンターウェイトは、かご側積載荷重が、定格最大荷重の45%前後で釣り合うように設定されているのが標準的であるが、実験機に対してその具体的な値を求める。

手段

エレベータの積載荷重を数通りに変えて運転し、その際のモータ電流から出力トルクを計算し、荷重に対するトルクのトルク曲線を作成する。かごとカウンターウェイトが完全に釣り合っている状態では、定速走行時のトルクが最小になるので、そのようになる積載荷重をトルク曲線から逆算する。

結果

計算上、定格荷重の30%台の積載荷重で釣り合うことが判明した。この値は、エレベータ設計の常識から考えて、あまりにも低い数値だったため、調査を行なった。すると、エレベータかご上に140kg 相当の複数枚の鉄板からなる重り(ウェイト)が積載されていることが判り、さらにそれらがカウンターウェイト側からかご側に移設されたものであることが判った。

かご上には、6 月の実験準備段階から実験協力をしているエス・イー・シーエレベーター株式会社(SEC)所属の作業員が複数回にわたり乗っており、撮影記録の協力をしている日本放送協会(NHK)のスタッフと共にかご内撮影用のカメラ設置および無線器搭載などの作業も行なっている。特にカメラや無線機に関しては、一部上記の重りに固定しているものなどもあったにも関わらず、作業員はそこに重りが存在することの不自然さに気付かず、それまで約1 ヶ月にわたり実験が行なわれてきたことになる。このような重大な変更にうっかり気付いていなかった作業員に対しては、このようなことが繰り返されないよう、注意深

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

い作業が望まれる。一方で、この重りの存在が発覚するまでかご上に乗らなかった実験統括の弊社畑中にも、確認を怠った点で反省が促される。

7月24・27日に、シンドラエレベータ社の担当者に確認したところ、2006年9月下旬に綱車(シーブ)摩擦力増大、およびかご振動軽減・床位置ずれ改善のため、ウエイト移動を行なったとのことだった。その際行なった滑り試験については、港区の担当者に口頭で報告をしたものの、ウエイト移動そのものについては、未報告であろうとのことだった。その後はウエイトを元に戻すことはせず、11月の4号機運転停止に際しても、「忘れたまま」になってしまったとのことだった。

SECの証言によれば、かご上のウエイト積載は、暫定的な振動軽減などのために、一部他社でも行なわれている手段だそうである。ただし、実際に他社でも行なっているかどうかについては、本報告書作成時には確認が取れていない。かご側の質量が大きくなれば、その分だけ振動しにくくなるため、安易な乗り心地の改善が可能である。しかし、あくまでも短期的な処置であり、今回のような長期間にわたり、そのままにすることは考えにくいと言う。

今回、かご上のウエイトは、2つに積み分けられて、特にロープなどでは固定されずに、かご上に置いてあっただけであった。エレベータの基本運動が上下動に限られているとは言え、振動も発生する環境で、長期間固定せずに重い物体を放置しておくことは、将来的に別の事故に繋がりがねなかった。特に危険と思われる事象は、地震発生時のウエイト落下である。つまり、積み重なっていた重りが崩れ、天井の作業穴などを介してかご内に落下したり、かご外に落下してシャフト内の構造物を破損したりする可能性がある。

参考資料

なし

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

自然状態運転実験（かご上ウエイトを本来の位置に戻して）

7 月 23－24 日

実験番号157-159, 166-171

目的

完全釣り合い荷重調査で、エレベータかご上に、本来そこにあるべきでないウエイトが搭載されていることが判明した。ウエイトは、本来の位置である、カウンターウエイト側に戻したが、改めて自然状態運転実験を行ない、ウエイト移動がエレベータの不具合発生に与えていた影響を調べる。

手段

7 月 9 20 日の自然状態運転実験に準ずる。

運転パターンは以下の通りである。

- (1) 全階停止
- (2) 2 階とばし運転
- (3) 奇数階停止運転
- (4) 偶数階停止運転

結果

不具合発生せず。振動は、ウエイト移動前に比べ、若干増加したように感じた。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

かご振動測定(かご上ウエイトを本来の位置に戻して)

7 月 24 日

実験番号 なし

目的

完全釣り合い荷重調査で、エレベータかご上に、本来そこにあるべきでないウエイトが搭載されていることが判明した。ウエイトは、本来の位置である、カウンターウエイト側に戻したが、かご振動を改めて測定し、ウエイト移動がエレベータに与えていた影響を調べる。

手段

7 月 3 日の運転時かご振動測定に準じる。

結果

ウエイト移動前に比べ、振動増加。

参考資料

実験データフォルダ内に記録あり

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験1

7 月 25 日

実験番号 B1

目的

事故の原因として、以下のような仮説がある。

ソレノイドは、エレベータの運転時に通電し、ブレーキアームを押し広げる構造になっている。事故機では、何らかの理由でソレノイドが故障もしくは劣化し、出力が落ち、そのため、運転時にブレーキを完全に開くことができなくなった。その後は、ブレーキライニングがブレーキドラムに接触したままの状態、運転が繰り返され、ブレーキライニングは徐々に摩耗していった。摩耗の進行に伴い、ブレーキアームが通常の閉じた位置よりも狭まっていき、そのためにソレノイドのコア（鉄芯）はコイルの奥へ奥へと押し込まれていった。ソレノイドのコアは、ある程度奥に入ると、部品内壁もしくは外部の構造物につかえてしまい、それ以上動かなくなる。すると、ブレーキライニングをブレーキドラムに押し付けていた力は、コアのつかえている部分で支えられてしまい、ブレーキの摩擦力が低下する。摩擦力が充分低下すると、ブレーキが滑るようになってしまい、エレベータとカウンターウエイトを支えられなくなる。事故の際には、かご側よりカウンターウエイトの方が重かったため、ブレーキが利かなくなった際に、カウンターウエイトに引かれて、かごが上昇した。

このような一連の現象を再現し、その経過を把握することが目的である。その中でも注目されるのは、以下の各項目である。

- (1) 事故に至るまでに、乗り心地の変化や、ブレーキの焼ける臭い、異音などの前兆があったか。また、それらは、エレベータの利用者が気付くような強さのものであったか。もし、利用者が気付くような明確な前兆があるのであれば、その特徴を世間に広く知らせることにより、同様の事故再発予防が可能となる。一方で、はっきりとした前兆が無いのであれば、利用者が危険に気付くことは無理なので、メンテナンス要員が対策を打てるようになっているか、エレベータのシステムそのものが危険回避をするようになっていなければならない。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

(2)ソレノイドの出力低下から、滑り発生まで、どれだけの時間がかかるのか。定期メンテナンスの間隔以上の期間がかかるのであれば、メンテナンスにより事故を防ぐことが可能である。ただ、日本の場合、月に一度程度のメンテナンスが目安となるが、半月に一度メンテナンスを行なっているエレベータもあれば、半年に一度のところもあるので、間隔はまちまちである。一方で、定期メンテナンスの間隔より短い期間で、滑り発生まで至るのであれば、メンテナンスによる事故予防には頼れない。その場合には、利用者が明らかに感じられる前兆がない限り、エレベータのシステムそのものが危険回避をするようになっていなければならない。尚、シンドラーエレベータ社は、事故機の保守管理を担当していた際には半月に一度のメンテナンスを行なっており、保守管理業者が変わった後も、同頻度でメンテナンスが継続されていた。

(3)ブレーキの摩耗が進行している際には、どのような現象が起きるのか。つまり、メンテナンス要員が、ブレーキ摩耗を発見するためには、どのようなことに注意したら良いのか。また、エレベータシステムそのものに、ブレーキ摩耗検出機能を持たせるためには、どのような計測を行えば良いのか。

(4)ブレーキを摩耗させながら、エレベータを運転した場合、ブレーキによる摩擦抵抗があるため、モータ・インバータには通常以上の負荷がかかり、通常通りの速度を出すためには、大きな電流が流れる。インバータには、過負荷による故障からインバータを保護するため、過電流をインバータ側で検出し、運転を停止するような機能が存在する。この機能が、ブレーキが閉じた状態の運転で作動するのであれば、インバータが異常を感知し、運転を中断することができ、事故の予防となり得る。そのような機能が作動するのかどうか、確認する。但し、この機能は本来インバータを保護するためのものであり、事故を防ぐためのものではない。

本実験は、ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験の、最初の試し摩耗である。滑り発生までブレーキライニングを削り込むのではなく、摩耗現象のおおまかな把握を行ない、それに基づいて以後の実験計画を立てる。

手段

下記のような条件下で、実験を行なった。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

運転時ブレーキ:完全閉じ状態

モータ冷却ファン:停止

積載荷重:完全釣り合い荷重

運転パターン:10 階から9 階へ下降運転。9階から12 階へ上昇運転。

主な計測項目は、下記の通りである。

ブレーキドラム温度:サーモグラフィーで常時観測することに加え、停止時に接触型の温度計で測定および記録。

ブレーキライニング温度:ブレーキライニングに、熱電対を埋設し、実験中の温度変化を測定および記録。

ブレーキアーム移動量:ブレーキライニング中央、水平方向の移動量を、ダイヤルゲージを用い、測定および記録。

モータへの供給電流:電流計でモータへの電流供給量を測定。

ビデオ撮影:ブレーキ動作および摩耗の撮影、かご内ゆか位置ずれの撮影、かご内全体の撮影。

結果

機械室内で観察していたところ、下降時も、上昇時も、運転開始すぐに、ほこりっぽい煙の臭いがした。また、かご内に乗っていた作業員の証言によると、振動が感じられたとのことである。

インバータ保護機能による運転停止は、起こらなかった。

参考資料

ビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験2

7 月 26 日

実験番号 B2

目的

前日の実験B1 では、ブレーキが完全に閉じた状態で、1 階分と3 階分を動かしたただけであった。今回は長距離を動かし、その時の現象を把握し、それに基づいて以後の実験計画を立てる。

手段

実験B1に準じる。

下記のような条件下で、実験を行なった。

運転時ブレーキ:完全閉じ状態

モータ冷却ファン:停止

積載荷重:完全釣り合い荷重

運転パターン:23 階からB1 階へ下降運転

結果

ブレーキドラム温度が200 数十℃へ急激に上昇。機械室内では、臭いと煙の発生も確認された。

意図せずに、運転は60m/min の低速走行であった。通常、このエレベータでは、2 階以上の階差がある場合は、105m/min の速度まで達する。ここで、1 階差運転時と同じ、60m/min という低速しか出なかった理由は、運転前に一度電源を切っていたからだということが判明している。電源投入後最初の運転は、低速運転になるような仕組みになっている。

運転直後のブレーキアームの移動量を見ると、アームが広がる方向に動いている。これは、温度上昇によりブレーキドラムが膨張したため、ブレーキアームが押し広げられたものと推測される。

インバータ保護機能による、運転停止は、起こらなかった。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

参考資料

ビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験3

7 月 26 日

実験番号 B3

目的

前回の実験B2 では、ブレーキが完全に閉じた状態で、最上階から最下階への運転を行なった。また、その際には操作ミスのため、低速走行が行なわれた。今回は最下階から最上階への運転を通常通りの高速で行ない、その時の現象を把握し、それに基づいて以後の実験計画を立てる。

手段

実験B1に準じる。

下記のような条件下で、実験を行なった。

運転時ブレーキ:完全閉じ状態

モータ冷却ファン:停止

積載荷重:完全釣り合い荷重

運転パターン:B1 階から23 階へ上昇運転

結果

実験B2 の失敗を踏まえ、対策を取ったところ、今回は105m/min の速度が確認された。

ブレーキドラムの温度は、130℃程度まで上昇した。B2 の際は同じ距離で、低速走行を行ない、二百数十℃まで達している。今回の実験で、そこまで温度が上昇しなかった主な理由は、運転時間が短かったことだと推測できる。一方で、発煙と発臭は、かなり強く確認された。

参考資料

ビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

シンドラー社による4号機事故後の作業についての現場説明

7月27日

実験番号 なし

目的

シンドラーエレベータ社が、事故後の4号機に対して行なった、全ての変更点について、情報を得ることにより、極力事故当時と同等の状態での実験を可能にすることが、主な目的である。具体的には、事前に文書で回答を得ていた事項に関して、詳細説明を受けること。ウエイト移動について、詳細説明を受けること。ほかにも、事故後に手が加えられたと見られる、制御盤裏の配線や、回路基板に設置されたフェライトノイズフィルタについても、詳細説明を受けること。更に、4号機のメンテナンスマニュアル上の、判りにくい記述について、説明を受けることにより、より安全に実験運営をすることも、もう一つの目的である。

7月23日に、カウンターウエイトから移された約140kg相当のウエイトが、かご上に積載されていることが判明したが、それが事故後にシンドラーエレベータ社によってなされたことだと、電話で先方と確認が取れた。実験の準備段階の6月19日には、事故後の4号機に対して行なった、全ての変更点についての資料を、シンドラーエレベータ社に対して求めている。また、6月24日には、それと関連して、現場説明についても要望を出している。シンドラーエレベータ社から文書で回答を得たのは、7月10日であり、その際も上述のウエイト移動に対しては、何も記述がなかった。

手段

シンドラーエレベータ社の担当者2名を現場に呼び、機械室内およびエレベータかご上で、報告を受け、また質問をした。

結果

主な内容を下に記す。

Q:事故後に、インバータの過電流防止機能などのパラメタ変更は行なったか？

A:行っていない。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完全な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

Q: 事故後に、CPU のプログラムは変更したか？

A: 変更していない。

Q: I/O ラック間リボンケーブルのフェライトノイズフィルタは、いつ何のために装着したのか？（注：このフェライトノイズフィルタに関しては、6 月に行なわれた実験現場の下見に際し、ノイズシールドジャパンの江口氏やSEC の一部の作業員が発見をしていた。見るからに新しく、後づけしたようなものだったとのことである。しかし、当時その旨は実験統括の弊社畑中には報告されず、今回のシンドラエレベータ社社員来訪に際し、SEC の作業員から質問事項として提案され、認識されたものである。）

A: 2006 年11 月15 日に、一連の不具合への対策として装着。14 日から15 日にかけて、左側ラックのつくはずのないLED が点滅していることに気付き、ノイズ対策が必要だと考えた。結果をしっかりと確認する間もなく、4 号機の利用が終わった。

Q: かご上のウエイト移動は、いつどのような理由で行なったのか？

A: 2006 年9 月下旬に綱車(シーブ)摩擦力増大、およびかご振動軽減・床位置ずれ改善のため、ウエイト移動を行なった。その際行なった滑り試験については、港区の担当者に口頭で報告をしたものの、ウエイト移動そのものについては、未報告であろう。その後はウエイトを元に戻すことはせず、11 月の4号機運転停止に際しても、「忘れたまま」になってしまった。

Q: かご停止後、ブレーキがかかるまでの間に、モータへ直流電流を供給し、そのモータトルクでかごの停止状態を保っているということはあるか？

A: ない。

Q: かご下にスイッチが3つあるが、それらは何のためのものか？

A: 3つのスイッチのうちのひとつは、過積載検出スイッチである。残りの2つは、100kg で反応する、無駄呼びキャンセル機能のためのスイッチと、積載荷重の80%で反応する、満員通過機能のためのスイッチである。

参考資料

ビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完全な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験 準備 (ブレーキを開き切らずに走行するための、ソレノイド供給電流調査)

7 月 30 —8 月 1 日,
実験番号 なし

目的

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験では、ブレーキを開き切らずに、エレベータを走行させる必要がある。しかし、実際の事故機で、ソレノイドがどのような状態になっていたのかは、事故機が手元にないこともあり、判っておらず、その出力がどの程度低下していたのかについても、詳しい情報がない。唯一存在するのは、事故機ソレノイドのコイル抵抗値と、それから推測されるソレノイドの力の大きさである。

そのような状況の中で、事故時のソレノイドの状態再現をするのは不可能である。そこで、本実験では、ソレノイド通電時も、ブレーキライニングがブレーキドラムに触れたままであるように、ソレノイドへの供給電流量を調整することとした。実験に適切な電流値を探るのが、本実験の目的である。

手段

可変抵抗器を用い、ソレノイドへの供給電流量を調節し、その際のブレーキアームの変位を確認しつつ、実験に適切な供給電流量の範囲を見極める。

結果

事前に、ソレノイドへの供給電流と出力の関係と、SEC エレベーター社の見解書に基づく、事故機ソレノイドの推定出力とを考慮し、電流を調節したところ、ブレーキは完全に開放してしまった。

その後も分析、実験を継続したところ、目安として、0.75A より大きい電流を流すと、ブレーキが開放してしまうことが判った。

参考資料

SEC エレベーター株式会社 見解書

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

自然状態運転実験（制御盤のフェライトノイズフィルタを外して）

8 月 1－ 3 日

実験番号 D1-D25

目的

7 月中に行なった自然状態運転実験は、シンドラーエレベータ社が、2006 年11 月に制御盤内のリボンケーブルに装着していた、フェライトノイズフィルタを装着したまま、行なっていた。自然状態運転実験は、極力事故当時の設定に近い状態で行ないたかったわけだが、フェライトノイズフィルタが後付けされていたことが判明したため、それを外して自然状態運転実験を行なうこととする。本実験の目的は、7 月9 日から行なった自然状態運転実験と同じであり、事故前後に利用者から報告されていた、不具合の再現に注目する。

手段

7 月中に行なった自然状態運転実験に準ずる。

運転パターンは以下の通りである。

- (1)2 進1 退運転:2 階分下降し、1 階分上昇、もしくは、逆に2 階分上昇し、1 階分下降するということを繰り返し、下降および上昇をする。
- (2)全階停止
- (3)奇数階停止運転
- (4)偶数階停止運転

ノイズフィルタが設置されていたリボンケーブルと、その上にあるリボンケーブルの形状を、何通りか変更して実験を行ない、リボンケーブルの形状によるノイズの受け易さの確認も試みる。

形状のパターンは以下の通りである。

- (1)上下 2 本とも、右ラック内に折り畳んで、しまう。
- (2)上下 2 本とも、ラックから引き出して、手前に垂らす。
- (3)上のケーブルは右ラック内にしまう。下のケーブルは引き出して、上方に。
- (4)上下 2 本とも、左ラック内に折り畳んで、しまう。

また、制御盤扉開閉も部分的に試した。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

結果

8 月 2 日の実験D5 の2 進1 退運転において、14 階から13 階へ下降運転中(当実験中47 走行目)、13 階で312mm の行き過ぎが発生。戸開せず。記録データで制御信号を調べたところ、多段速指令・比例速度指令に誤信号が確認された。具体的には、減速開始の約290ms 後、25ms ほどの間だけ停止指令が入り、再び減速を始めている。この一連の指令を受けて、減速動作が遅れたため、行き過ぎが生じた。また、行き過ぎたことを位置センサが感知したために、扉が開かなかった。計測された誤信号は、きれいな形状をしていたので、計測していた信号線に、直接ノイズがのったわけではない、と推測される。つまり、対象の信号線より上流で、電磁ノイズや接触不良など、何らかの誤信号が発生したと思われる。

8 月 2 日の実験D12 における、奇数階下降運転で、B2Fに到着時、機械室で監視中の作業員により、騒音が聞かれた。ブレーキ辺りから高音の擦れるような音だったとの報告だった。再現を試みたところ、カウンターウエイト側のケーブルが、カウンターウエイトラック上プーリーと機械室綱車(シーブ)との相対的向きがねじれていたため、カウンターウエイトが最も上に来るかご位置B2 階の時、ケーブルがワイヤキャッチャとこすれたためと思われる。ワイヤキャッチャとは、エレベータに装着される非常用ブレーキで、ワイヤを直接挟み込んでかごの動きを止めるものである。再現された音は作業員の証言によれば、最初のものより低い音だったが、他にそれらしき現象は再現されず、上記の現象は何度でも再現された。実験中に録画していたビデオ録音との比較も試みたが、他の騒音が大きく、問題の音はよく聞こえなかった。この後、ワイヤキャッチャの損傷を避けるため、B2 階への運転は避けることにした。

参考資料

計測データプロット、実験現場記録シート、およびビデオ

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験4

8 月 3 日

実験番号 B4

目的

ブレーキを開き切らずに運転するための、ソレノイドへの電流供給量が、事前調査によって求められた。これまでの実験は、ブレーキが完全に閉じた状態で行なってきたが、今回は前述の事前調査の結果を用い、ソレノイドにある程度の電流を供給しつつ、ブレーキライニングとブレーキドラムを接触させたままの運転を行なう。その際、実験開始時のソレノイド通電時ブレーキ静止摩擦力が、非通電時の50%になるようにして、実験を行ない、結果に基づいて以後の実験計画を立てる。

手段

ブレーキを開き切らずに運転。下記のような条件下で、実験を行なった。

運転時ブレーキ: 実験開始時に、通電時の静止摩擦トルクが、非通電時のおよそ50%に相当する、約160Nm となるように、ソレノイドへの供給電流を設定

モータ冷却ファン: 停止

積載荷重: 計測機器のみ

運転パターン: 23 階・B1 階間を5往復(途中に一度休憩)

結果

走行距離は831m。発熱、発煙確認。サーモグラフィーによる計測では、約400℃まで温度が上昇。ライニングの焼けこげも確認された。ブレーキライニングの摩耗厚さは、中央部で約0.03mm と微小であった。

参考資料

ビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験5

8 月 6, 7 日

実験番号 B5

目的

実験B4に準じ、実験開始時のソレノイド通電時ブレーキ静止摩擦力が、非通電時の25%になるようにして、実験を行ない、結果に基づいて以後の実験計画を立てる。

手段

ブレーキを開き切らずに運転。下記のような条件下で、実験を行なった。

運転時ブレーキ: 実験開始時に、通電時の静止摩擦トルクが、非通電時のおよそ25%に相当する、約70~90Nm となるように、ソレノイドへの供給電流を0.72A に設定

モータ冷却ファン: 停止

積載荷重: 計測機器のみ

運転パターン: 現実の使用状況に近い形で運転した。具体的には、実際の事故が土曜日19時20分ごろだったため、現場で調査を行ない、ある土曜日の13時から20時までのエレベータ利用状況を詳細に記録し、それに基づき、エレベータが2台あった場合の、1台の運行パターンを算出した。その最初の2時間分を用いて実験する。

結果

作業員の操作ミスにより、電流値が0.72A でなく0.35A であった。温度は主に200℃台後半であったが、一時は450℃付近まで上昇した。ほかには、キュルキュルというような摩擦音が聞こえた。2時間の運転を予定していたが、激しい発煙があったこともあり、82分で実験を中断。走行距離あたりのブレーキライニング摩耗レートは、0.065mm/km。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定するものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

参考資料

付録 SEC エレベーター(株)「シティハイツ竹芝4・5 号機2car 運行シミュレーション」2007 年7 月21 日
ビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

自然上昇実験1

8 月 8 日

実験番号 B6

目的

事故時には、ブレーキが利かなくなり、かご側よりもカウンターウエイトの方が重かったため、かごがカウンターウエイトに引かれて上昇したと推測されている。その際に、どれだけの加速度でかごが上昇したかについては、情報が無い。その時の状況を、ブレーキを開放することによって再現し、現象の把握をしたい。

かご上昇加速度との関連で注目されるのは、上昇開始から、被害者が挟まれるまでの時間、すなわち、異常を察知して逃げるための時間が、どの程度あったかということである。

手段

手順は以下の通りである。

- (1) 10 階から12 階にむけて運転。
- (2) 12 階到着後、一旦ブレーキを利かせ、ドアが完全に開放するのを待ち、作業員がドアを開状態に保持。
- (3) ソレノイドへの電流供給により、ブレーキ完全開放。
- (4) 自由上昇運動をさせる。
- (5) 2 階分ほど上昇したところで、ブレーキを閉じ、停止させる。

現象は、乗場ビデオ、かご内ビデオ、かご内加速度計、速度計を用いて記録する。

結果

乗場で観察していたところ、ブレーキ開放後、約3 秒(詳細データは未解析)で、エレベータの床が乗場の高さ2100mm のフレーム開口部を通過。記録されたデータを確認したところ、上昇運動中の加速度はほぼ一定であった。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完全な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

参考資料

計測データプロット、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

自然上昇実験 2

8 月 8 日

実験番号 B7

目的

実験B6 に準じ、かご上昇の現象把握を目的とする。B6 では、かご停止後に、一旦ブレーキを利かせた後、ブレーキ開放を行なったが、本実験では目的階停止後に一切ブレーキを閉じさせない形で、試験を行ない、ブレーキが全く利かない状況で、エレベータがどのような挙動を示すのかについて、確認をする。

手段

手順は以下の通りである。

- (1) 10 階から12 階にむけて運転。
- (2) 12 階到着後も、ソレノイドへの電流供給保持により、ブレーキを完全開放したままにする。
- (3) 自由上昇運動をさせる。
- (4) 2 階分ほど上昇したところで、ブレーキを閉じ、停止させる。

現象は、乗場ビデオ、かご内ビデオ、かご内加速度計、速度計を用いて記録する。

結果

ブレーキが全く閉じられないため、ドアの開き始めとほぼ同時に、上昇運動が始まる。乗場側ドアは完全に開き切ることも無く、かごがある程度上昇すると、安全装置のために閉じてしまう。

印象としては、実際の事故時にこのような状態であったとすれば、ドアがきちんと開かないため、途中まで降りかけることも難しかったのではないかと感じた。

参考資料

計測データプロット、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

自然上昇実験3

8 月 8 日

実験番号 B8

目的

実験B6-7 に準じ、かご上昇の現象把握を目的とする。B7 で、ブレーキが全く利かない場合には、エレベータは階到着後間もなく上昇を始め、扉がきちんと開く時間もないことが確認された。事故時には、被害者がエレベータを降りかけるところまで到達しているので、B7 の実験での現象とは異なり、扉が充分開く時間があつたことが推測される。すなわち、ブレーキがある程度利いており、一定の停止時間の後にかご上昇が開始したか、かごの目的階到着直後に上昇開始が始まったものの、上昇加速度が小さかったかの、どちらかもしくは両方の組み合わせではないかと思われる。

本実験では、ソレノイドへの供給電流を段階的に増やしていくことにより、どの程度のブレーキ把持力で滑りが始まるのかを調べる。また、ブレーキがある程度利いている状態での、エレベータ上昇現象の把握を試みる。

手段

手順は以下の通りである。

- (1) 10 階から12 階にむけて運転。
- (2) 12 階到着後、一旦ブレーキを利かせ、ドアが完全に開放するのを待ち、作業員がドアを開状態に保持。
- (3) ブレーキのソレノイドへ電流を供給。電流値は、段階的に増やしていき、どの値で上昇が始まるかを確認する。具体的には、0.68A で始め、60s 経過しても動かなければ、0.01A 増加することを、動き始めるまで繰り返す。
- (4) 2 階分ほど上昇したところで、ブレーキを閉じ、停止させる。

現象は、乗場ビデオ、かご内ビデオ、かご内加速度計、速度計を用いて記録する。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

結果

実験を三度繰り返したところ、0.72A、0.76A、0.78A で上昇開始。
今後、上昇にかかった時間などを詳しく調べたい。

参考資料

計測データプロット、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

自然上昇実験4

8 月 9 日

実験番号 B9

目的

実験B7 の結果を踏まえ、事故時のエレベータは、事故発生階到着後に、扉が開く時間を確保できるだけのブレーキ力は持っていたことが、推測される。もしエレベータが一旦完全に停止をしていたのであれば、滑り開始のために何らかのきっかけがあったことが考えられる。考え得るきっかけのひとつとして、かご内での利用者の歩行による、衝撃および揺れがある。本実験では、ブレーキを緩めに利かせておき、人間の歩行程度の衝撃を加えることにより、自然上昇が始まるかどうかを、確認する。

手段

手順は以下の通りである。

- (1) 10 階から12 階にむけて運転。
- (2) 12 階到着後、一旦ブレーキを利かせ、ドアが完全に開放するのを待ち、作業員がドアを開状態に保持。
- (3) ブレーキのソレノイドへ0.68A の電流を供給。
- (4) かご内に吊るしてある5kg の重り(米袋)を、床上0.5m の高さから落下させる。
- (5) 10s 待っても動かない場合は、重りを再度落下させる。
- (6) 三度落下を繰り返しても、上昇が始まらない時には、電流値を0.01A 増加する。
- (7) 上昇が始まったら、2 階分ほど上昇したところで、ブレーキを閉じ、停止させる。

現象は、乗場ビデオ、かご内ビデオ、かご内加速度計、速度計を用いて記録する。

注: 質量 m [kg] の物体を高さ h [m] から落下させた場合、床衝突直前の運動量は $m \sqrt{2gh}$ [kgm/s] である。標準的な人間の歩行の場合を想定し、体重60kg の人の重心が0.05m 上下すると考え、それを0.05m からの自由落下として計算す

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完全な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ると、床に着地寸前の運動量は59.4[kgm/s]である。一方で、実験のように $m=5$, $h=0.5$ のとき、運動量は15.7[kgm/s]である。滑り発生に最も影響するのは、力の大きさであると思われ、膝の屈伸などによる衝撃吸収がある際の歩行による衝撃力の瞬間最大値は、運動量は4分の1程度であるが衝撃吸収の少ない米袋のそれと、同じ様な値であることが推測できる。

結果

衝撃とは無関係に、電流調整中に動いた。

0.73→0.74A、0.75→0.76A、0.75→0.76A の三回確認

実験結果からは、5kg の米袋を0.5m の高さから落とした程度の衝撃力は、滑りのきっかけにはならないことが示された。ただ、実験の事後考察としては、これよりも大きな衝撃を与え、どの程度の衝撃力であれば滑りのきっかけとなるのかを確認する実験も、行なうべきであったと思われる。

参考資料

ビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

自然上昇実験5, 6

8 月 9 日

実験番号 B10, 11

目的

ここまでの一連の自然上昇実験は、事故のあった12 階で行なってきた。別の階でも同様の実験を行なうことにより、階による現象の差を把握する。

手段

手順はB8 に準じ、以下の通りである。

- (1) 実験階(B1 階および21 階)で、一旦ブレーキを利かせ、ドアが完全に開放するのを待ち、作業員がドアを開状態に保持。
- (2) ブレーキのソレノイドへ電流を供給。電流値は、段階的に増やしていき、どの値で上昇が始まるかを確認する。具体的には、0.68A で始め、60s 経過しても動かなければ、0.01A 増加することを、動き始めるまで繰り返す。
- (3) 2 階分ほど上昇したところで、ブレーキを閉じ、停止させる。

現象は、乗場ビデオ、かご内ビデオ、かご内加速度計、速度計を用いて記録する。

結果

B1 階での実験では、三度とも0.73A で上昇が確認された。

21 階での実験では、0.75A, 0.76A, 0.75A で上昇が確認された。

12 階で行なった実験B8 やB9 の結果の平均値0.75A と比べると、B1 階での実験では、0.73A で若干ブレーキがきつめで滑り始めており、21 階では0.75A であり、12 階とほぼ同等の値で滑っている。一方で、B1 階での0.73A という値は、12 階での実験のばらつき範囲内でもある。実質的には、滑り開始のブレーキ締め付け力は、階数にあまり依存しないと考えられる。

参考資料

ビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験6

8 月 10 日

実験番号 B12

目的

今までは、ブレーキを摩耗させる運転は、様子を見るために短時間で行なってきた。そのため、温度、振動、臭い、発煙、および限られたブレーキライニングの摩耗は確認できたものの、事故の滑り状態に迫るような大きな摩耗は確認できず、当然ながら滑りも発生しない。次の段階として、長時間の摩耗を行ない、ライニング摩耗を含めた、現象把握をする。

手段

実験B5 に準じ、ブレーキを開き切らずに運転。下記のような条件下で、実験を行なった。

運転時ブレーキ: 実験開始時に、通電時の静止摩擦トルクが、非通電時のおよそ50%に相当する値となるように、ソレノイドへの供給電流を0.55A に設定

モータ冷却ファン: 停止

積載荷重: 130kg

運転パターン: 現実の使用状況に近い形で運転した。具体的には、実際の事故が土曜日19 時20 分ごろだったため、現場で調査を行ない、ある土曜日の13 時から20 時までのエレベータ利用状況を詳細に記録し、それに基づき、エレベータが2 台あった場合の、1 台の運行パターンを算出した。13 時から19 時20 分の方までを終えた後は、再び13 時に始まるパターンから繰り返し、合計9 時間の運転を行なう。

結果

発煙、発臭ともに控えめであり、機械室以外では、感知不可能と思われる。

温度は200℃から400℃の間を上下。

運転時にはキュルキュルという音が聞こえた。

ブレーキライニングは、左右ともに中央で約0.25mm 摩耗。ソレノイドのコア

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

は、1.5mm ほど奥に入り込んでいることが確認された。ソレノイドのストロークから計算すると、このまま摩耗が進み、更に奥に入って、内部構造に突き当たるまで、あと1mm ほどである。摩耗の速度が今後も変わらないとすると、ここまで9 時間で1.5mm 入り込んだので、あと6 時間の運転で内部構造に突き当たることになる。すなわち、ソレノイドの故障から、合計15 時間の運転で事故まで至る可能性を示唆している。

なお、今回の実験に先立ち、ソレノイドへの供給電力と制動力の関係を調べる下実験を8月9日に実施したところ、ブレーキ解放時の機械抵抗がおよそ6.2kgf・mと判別した。この結果にひもづけて、事故時に行なわれたクランクアーム(ハンドルレバー)による救出について考察を行なったので、以下に記す。

港区の口頭での説明によると、事故後の救出方法として、まずは機械室で備え付けのクランクアーム(ハンドルレバー)を用いて、かごを人力で下げることが試みられたが成功せず、別の救出方法に移行した。かごとカウンターウエイトが事故時のような不釣り合い状態にある中では、備え付けのクランクアームを用いて人力でエレベータを動かすことは、不可能であった。別の救出方法とは、ジャッキを用いて被害者の挟まれていたエレベータかごと乗り場枠との隙間を広げることであった。

減速機のラベルに記載されていた情報、および、シンドラー社から提供された情報をもとに、人力でエレベータを動かすことに関する検証を行なう。事故時のかご側積載荷重を130kg とした場合、かご側(2100+130=2230kg)とカウンターウエイト側(3025kg)の質量差は795kg である。このエレベータではロープが2:1 ローピングという張り方をされており、この質量差の半分の力がトラクションシーヴにかかる。トラクションシーヴ半径は0.45m、減速比が3/52 なので、減速機を介して駆動軸にかかるトルクは $795/2 \times 0.45 \times 3/52 = 10.3\text{kgf}\cdot\text{m}$ である。前述のように、ブレーキ解放時の機械抵抗が6.2kgf・mあるので、それを動かすためには合計で16.5kgf・m のトルクが必要である。SEC 社によると、クランクアームの軸中心から取っ手までの距離が0.175m であるので、エレベータを手動で動かすためには最低でも $16.5/0.175=94.3\text{kgf}$ の力が必要である。これだけの力をクランクアームにかけて、ようやく動かし始めることができる計算になるが、体重60kg の人が全体重をかけた時の力が

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

60kgf であるから、その1.5 倍の90kgf を超える力を加えることは容易でないと推測できる。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験7

8 月 13 日

実験番号 なし

目的

定格荷重を超過した荷重条件で、滑り始めるブレーキトルクを調べる。

手段

定格荷重の150%および100%+120kg の積載荷重条件下、滑り始めるブレーキトルクを調査

結果

2007 年9 月現在未解析(SEC 主導の実験であり、本調査には重要でないと判断したため)

参考資料

なし

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験8

8 月 14 日

実験番号 B13

目的

実験B12 では、実験開始時のソレノイド通電時ブレーキ静止摩擦力が、非通電時の50%前後になるようにして、実験を行なった。本実験では、ブレーキがよりきつく締められている状態を作り、その条件下での摩耗現象を把握する。

手段

実験B5 に準じ、ブレーキを開き切らずに運転。下記のような条件下で、実験を行なった。

運転時ブレーキ: 実験開始時に、通電時の静止摩擦トルクが、非通電時のおよそ75%に相当する値となるように、ソレノイドへの供給電流を0.25A に設定

モータ冷却ファン: 停止

積載荷重: 130kg

運転パターン: 実験B12 と同じ。現実の使用状況に近い形で運転した。具体的には、実際の事故が土曜日19 時20 分ごろだったため、現場で調査を行ない、ある土曜日の13 時から20 時までのエレベータ利用状況を詳細に記録し、それに基づき、エレベータが2 台あった場合の、1 台の運行パターンを算出した。13 時から19 時20 分の間までを終えた後は、再び13 時に始まるパターンから繰り返し、合計9 時間の運転を行なう。

結果

最初の19 階から1 階への下降運転を試みたところ、全く動かなかった。モータが運転をしようとしている音はするのだが、実際は動かず、一定時間の後に、モータも運転をしようとする事自体をやめる。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完全な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験9

8 月 14 日

実験番号 B14

目的

実験B13 では、ブレーキの締め付け力が強すぎたためか、エレベータが動かなかった。本実験では、動かなかった理由の究明を通じ、そのような事態の再発防止を図る。

手段

条件を変えつつ、かごを運転してみる。測定結果から対策を検討する。

結果

まずB13 と同じく、下降を試みたところ、運転指令から全く動かない状態が10sほど続いた後、モータが回転を試みることを停止。ブレーキの摩擦抵抗があることに加え、かご側積載荷重が130kg なので、カウンターウエイトの方が重く、かごを下降させるためにはその質量差にも打ち勝たなくてはならないため、モータのトルクが不足し、動かなかったものと思われる。そして、運転開始後、10 秒間動かないことが、何らかの形で制御系にフィードバックされ、運転が停止されたものと推測される。

その後、逆に上昇を試みたところ、通常通りに動いた。カウンターウエイトがかごよりずっと重いため、モータを助ける方向に働き、ブレーキの摩擦抵抗が大きくとも、上昇はできるものと思われる。

その直後に再度下降を試みたところ、非常に遅い加速度で下降を始め、指定の最高速度(この場合は1 階差だったので、60m/min)にも達することなく、動いた。最初の下降試行時には動かず、この時にはかろうじて動いたので、ブレーキの締め付け具合は、ちょうどエレベータが動けるか動けないかという状態の境にある。

実験B1～B3 では、ブレーキが完全に閉じた状態でも、エレベータを動かすことができた。これは、積載荷重がカウンターウエイトに対して、完全釣り合い状態になっていたからである。今回は積載荷重が少なかったため、ソレノイドに

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

若干の電流が流れていたにもかかわらず、エレベータを動かすことはできなかった。このことは、事故に際して、ソレノイドが全く力を出せない状態になったのならば、かごが空の際に、エレベータは今回の実験同様に下降できなくなったであろうことを示している。そうなった際には、故障はその時点で発見され、死亡事故にまで至らなかった可能性が高い。ソレノイドが完全に機能停止したのではなく、ブレーキライニングとブレーキドラムの接触を保ったまま、エレベータが動ける程度にブレーキの圧力を緩めるだけの出力低下が起きたために、不具合が利用者に対して顕在化することなく、摩耗が進んだことが伺える。

しかし、そのような、いわば中途半端な故障について、再発は稀であろうから、今回の事故を特別扱いするという判断には、注意を要する。ソレノイドは、可動部品があるものの、使用寿命の比較的長いアクチュエータである。一方で、内部のコイルに関しては、使用環境・長期使用・製造不良などのために、層間短絡(layer short, レイヤーショート、レイヤショート、レアショート)や地絡(ground short)が起きる可能性があり、その際には、出力低下となったり、抵抗低下のために電流が増え、ヒューズがとんで完全に動かなくなったりすることが知られている。つまり、ソレノイド・電磁モータ・電磁リレー・トランスなど、電磁コイルを用いた機器を用いたシステムの開発では、設計時の故障モードとその影響の解析(FMEA: Failure Mode and Effects Analysis)において、層間短絡や地絡による部品の機能低下および機能停止を想定していなければならない。

FMEA とは、故障や不具合の起き方(failure mode)と、それによる影響(effects)の解析(analysis)である。例えば、エレベータのように、複数の部品を含むシステムについては、どの部品がどう故障したら、その結果として他の部品やシステムの機能にどのような影響があるのかということを解析し、危険やその他不都合を回避するために、対策を打つためのものである。電子的な制御系を含むものに関しては、特に制御の暴走による影響も、詳しく調べられなければならない。設計においては、非常に基本的な考え方であり、安全確保のためには必要不可欠である。FMEA において発見された問題点については、そもそも原因となる故障モードが起きないように、設計変更をすることも可能であるし、故障モードが発生しても、大事に至らないように、フェイルセーフ設計を施すことも可能である。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

今回のような事故の再発防止のためには、上述のように想定されるソレノイドの故障に対して、どのような前提のもとに、どのような安全対策ができるのかということが、重要なポイントとなるであろうと思われる。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験10

8 月15, 16 日

実験番号 B15

目的

実験B13 では、ブレーキの締め付け力が強すぎたため、エレベータが動かなかった。本実験では、実験開始時に、運転時のブレーキライニングがブレーキドラムから離れない程度で、極力弱い締め付け力に設定し、B12 同様に、その際の摩耗など、一連の現象を把握する。

手段

実験B5 に準じ、ブレーキを開き切らずに運転。下記のような条件下で、実験を行なった。

運転時ブレーキ: 実験開始時に、通電時の静止摩擦トルクが、非通電時のおよそ25%に相当する値となるように、ソレノイドへの供給電流を0.70A に設定

モータ冷却ファン: 停止

積載荷重: 130kg

運転パターン: 実験B12 と同じ。現実の使用状況に近い形で運転した。具体的には、実際の事故が土曜日19 時20 分ごろだったため、現場で調査を行ない、ある土曜日の13 時から20 時までのエレベータ利用状況を詳細に記録し、それに基づき、エレベータが2 台あった場合の、1 台の運行パターンを算出した。13 時から19 時20 分の間までを終えた後は、再び13 時に始まるパターンから繰り返し、合計9 時間の運転を行なう。

結果

ソレノイドによってじわじわと力がかかり、運転途中に片側のブレーキアームが開いてしまうような状態であった。このまま運転を続けたため、左側のブレーキライニングはほとんど摩耗せず、右側についても中央で0.1mm 程度であった。ソレノイドのコアの入り込みにして、約0.3mm である。

ブレーキライニングの押し付け圧が低かったため、温度上昇も控えめであり、

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

100℃から145℃の間を上下していた。ただしブレーキの摩擦による臭いは、他の実験同様、開始すぐから臭い始めた。

この実験のような状態だと、片側のライニングしか摩耗しないため、摩耗が進んでも、2006 年6 月と同じ様な事故に至るかどうかにについては、多少疑わしい部分がある。一方で、このようなゆっくりとした摩耗でも、明らかに臭いが発せられることが確認されたため、臭いがメンテナンス上の有効な情報源であることが確かめられた。メンテナンス作業従事者は、今回のような事故の再発防止のためにも、積極的に異臭の有無確認をすることが望まれる。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験11

8 月 17 日

実験番号 B16

目的

実験B13 では、ブレーキの締め付け力が強すぎたため、エレベータが全く動かなかった。本実験では、実験開始時に、エレベータの動きを抑止しない程度で、極力強い締め付け力に設定し、B12 同様に、その際の摩耗など、一連の現象を把握する。

手段

実験B5 に準じ、ブレーキを開き切らずに運転。下記のような条件下で、実験を行なった。

運転時ブレーキ: 実験開始時に、通電時の静止摩擦トルクが、エレベータの運転を妨げない範囲で、極力大きくなるように、ソレノイドへの供給電流を 0.48A に設定

モータ冷却ファン: 停止

積載荷重: 130kg

運転パターン: 実験B12 と同じ。現実の使用状況に近い形で運転した。具体的には、実際の事故が土曜日 19 時 20 分ごろだったため、現場で調査を行ない、ある土曜日の 13 時から 20 時までのエレベータ利用状況を詳細に記録し、それに基づき、エレベータが 2 台あった場合の、1 台の運行パターンを算出した。13 時から 19 時 20 分までを終えた後は、再び 13 時に始まるパターンから繰り返し、合計 9 時間の運転を行なう。

結果

実験開始から 16 分でエレベータが動かなくなった。事象の推測は以下の通りである: 温度上昇によりブレーキドラムが膨張し、ブレーキアームはそれに押されて、構造が許す限り、目一杯開いた。それにも関わらず、ドラムからの更なる圧力で摩擦力が生じ、動かなくなった。動かなくなったのは、23 階からの下降時であり、実験B13 の時と同じように、ブレーキの摩擦抵抗とカウンターウ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

エイトの作用によるものと思われる。

この際に確認されたブレーキアーム移動量は、左右合わせて約1.2mm である。この時の温度が280℃ほどなので、直径300mm の軸が1.2mm も膨張することは、鉄の熱膨張率が $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であることを考えると膨張は0.9mm であるはずなので、不思議である。この急激な膨張は、材料の結晶構造が変わる時に、大きな体積膨張を示す、結晶成長に起因することが考えられる。また、何らかの理由でブレーキドラムに貯まっていた内部応力が、ここで突然解放されたという仮説も考えられる。

実験継続のためやむを得ず、エレベータが動かせるようにブレーキのストロークを調整し直し、約一時間後に実験を再開した。温度は今までになく高めで、再開後3 時間ほどは主に300℃から400℃の間であったが、その後は500℃が何度か観測され、最高では570℃にまで至った。ブレーキのこすれるキュルキュル音がここでも聞かれたことに加え、発臭や勢いのよい発煙はもちろん、500℃以上では火花の飛散も目撃された。

また、ブレーキの周辺には、キラキラ光る砂鉄のような微細粉末が見られ、ソレノイドの周りに整った環を作って付着していたことから、鉄粉であることが推測された。ブレーキライニングに混入されていたものだと思う。前述の火花は、この鉄粉が燃えていたものだと思う。

最終的には、実験開始から8 時間16 分で滑りが発生した。途中で約一時間の調整時間を取ったので、実際の運行時間は7 時間16 分である。

滑り発生直前の停止では、到着階(1 階)着床時に、機械室でブレーキの小さな滑りが目撃された。しかし、そのことを除いては、エレベータは通常通りに停止を続け、扉の開閉が行なわれた。

その後、エレベータは16 階に向けて走行し、16 階到着後には一旦停止したように見えたが、間もなく滑りが生じ、上昇を始めた。ドアの開き具合から判断すると、実験B7 の全くブレーキを利かせない自然上昇実験と比較し、より長い時間停止していたか、上昇加速度が遅かったように見えた。計測データを比較したところ、B7 では加速度が 0.36m/s^2 だったのに対し、ここでは 0.17m/s^2 であった。また、動き始めの時期も、0.5s ほど遅れていた。

この実験では、途中でストローク調整を行なっているものの、滑り発生現象を再現することができた。7 時間16 分という時間は、ストローク調整をしたことを考慮しても、非常に短い時間である。途中でストローク調整を要しないよう

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

な設定で、再度滑り発生まで摩耗実験を行ないたい。

尚、実験中に作業員がかごに乗ったことがあったが、乗り心地は普段と大きくは変わらなかったらしく、乗り心地から事故の前兆を感じ取るのは、困難なのではないかという証言を得た。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験1

8 月 20 日

実験番号 C1

目的

7 月から行なわれた実験の前半では、自然状態運転実験として、計測機器の設置以外には何も手を加えない自然状態でのエレベータを運転し、事故前後に利用者から通報されていたような不具合の再現を試みた。しかし、6000 回を超える運転を経て、はっきりと確認された不具合は一度だけであった。これからのノイズ印加を含む不具合調査実験では、エレベータの制御系に、専用の機器を用いて、電磁ノイズをかけることにより、強制的に不具合発生を試みるものである。特に、事故後に報告されていた不具合については、ノイズが原因となっていることが推測されている。不具合を頻発させ、以前に報告されている不具合が再現されるかどうかを、確認する。また、その際に計測により、多くのデータを収集し、それらから不具合発生の仕組みを明らかにする。更に、制御系のノイズ耐性の強さも確認する。

手段

制御盤内で、ノイズの影響を受けそうな箇所に、ノイズ印加のためのカップリングアダプタを装着し、専用の機器を用いて、電磁ノイズをかけることにより、強制的に不具合発生を試みる。まずは、どのような不具合が、どの程度のノイズ強度で発生するのかに注目する。また、収集したデータを基に、不具合発生の仕組みを探る。尚、暴走の危険があるため、エレベータ操作は機械室内の特設操作盤で行なう。これを用いると、エレベータかご内の主操作盤による操作を模することができる。また、安全のため、積載荷重は完全釣り合い状態で行なう。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ: バースト (FTB=Fast Transient Burst)

走行パターン: 完全停止

ノイズ印加箇所: ラック間リボンケーブル下側 (フィルタ無し)

完全停止での試験では、エレベータを止めたまま、一定レベルのノイズを印加。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

2 分間経過後も何も起きない場合、ノイズの極性を逆転。それでも何も起きない場合には、ノイズのレベルを増加。

上記ノイズ印加箇所の「フィルタ」とは、シンドラーエレベータ社によって装着されていたフェライトノイズフィルタである。フィルタの有無の二通りで実験を行ない、フィルタの効果も調べる。

結果

±200V で試験を開始し、±1000V までは何も起こらず。

+1300V で、エレベータが勝手に走行。

-1300V では、異常は起きず。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズ
イミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験2

8 月 20 日

実験番号 C2

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ:バースト(FTB=Fast Transient Burst)

走行パターン:完全停止

ノイズ印加箇所:ラック間リボンケーブル下側 (フィルタ有り)

結果

+1300V から試験を始め、±2000V までノイズレベルを上げたが、異常は発生しなかった。フェライトノイズフィルタが効果を持つことは確認されたが、異常が発生しなかったため、どれだけの効果を持つのかについては、確認し切れていない。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズイミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験3

8 月 20 日

実験番号 C3

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

実験C2 では、不具合発生が確認されなかったため、ノイズタイプを変更して、実験を行なう。

手段

C1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ: 方形波インパルス

走行パターン: 完全停止

ノイズ印加箇所: ラック間リボンケーブル下側 (フィルタ無し)

結果

実験準備中に、誤ってノイズ印加対象のケーブルを抜きかけてしまった。すると、ブレーキが9.8 秒間開き、閉じた後にドアが開いた。積載荷重が釣り合い状態になっていたため、ブレーキ開放の間も、かごは動かなかった。積載荷重が釣り合い状態になっていなかったら、事故時や自然上昇実験の時のような動きが生じていたはずである。確認のため、二度同じようにケーブルを抜いてみたところ、上記の現象が繰り返された。

問題のケーブルのコネクタには、抜け防止のための機構が付いていない。抜け防止のツメなどの機構は、現在は一般的に用いられているものであり、また、この実験機の制御盤内にも、場所によりツメ付きのコネクタが見られた。制御回路基板の重要箇所と思われる場所には、そのような安全装置を用いて安全性を向上させることが可能である。また、今回のようにケーブルが抜けなくとも、コネクタの接触不良などで同等の影響があることも考えられるが、接触不良は電子制御の機器では常に配慮すべき代表的リスクである。そのような環境の中

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完全な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

で、制御系がブレーキを10 秒近くも開く反応をするようになっていることは、実験機に関して、前述(8 月14 日実験B14 結果欄)のFMEA 思想やフェイルセーフ設計が充分には適用されていないかもしれぬことを示唆している。実験は+500V 印加で始めたところ、複数の階へ勝手に走行した。+100V でも同じく勝手な走行が生じた。ノイズシールドジャパンの江口氏によると、普通は100V のインパルスノイズでは誤作動は起きず、50V や100V で誤作動をするのは、何もノイズ対策をしていない回路である、とのことだった。

次に+50V 印加を試みたところ、不具合は発生せず、+60V では勝手な走行が再発した。一般的に考えると、ノイズ耐性が低いと言える。

-50V, -70V では不具合は発生しなかった。

参考資料

実験現場記録シート、運転制御信号データ、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズ
イミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験4

8 月 20 日

実験番号 C4

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

実験C2 で確認できなかったフェライトノイズフィルタの効果のほどを、本実験とC3 の結果との比較で確認する。

手段

C1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ: 方形波インパルス

走行パターン: 完全停止

ノイズ印加箇所: ラック間リボンケーブル下側 (フィルタ有り)

結果

上記設定では、不具合が発生した最小のノイズレベルは、+120V で、フィルタが外してあった実験C3 の場合の+60V のちょうど倍である。すなわち、ノイズフィルタには、ノイズを半減する程度の効果があることが、確認された。不具合は、今まで同様、勝手な走行である。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズ
イミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験5

8 月 20 日

実験番号 C5

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ: 方形波インパルス

走行パターン: 完全停止

ノイズ印加箇所: ラック間リボンケーブル上側

結果

不具合が発生した最小のノイズレベルは、-70V であり、ここでも勝手な走行が起きた。ただし、このリボンケーブルは、この前までに実験対象となっていた、下側のリボンケーブルと非常に近いため、ノイズがどちらのケーブルに拾われたのかは、定かでない。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズイミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験6

8 月 20 日

実験番号 C6

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ: 方形波インパルス

走行パターン: 完全停止

ノイズ印加箇所: 右ラック(主操作盤・通常乗場ボタン)入出力

結果

不具合が発生した最小のノイズレベルは、+700V と、今までと比較すると大きい。このレベルになると、既に実験済みのラック間リボンケーブルなど、他のところへも影響を及ぼしている可能性が大きい。不具合は勝手な走行である。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズ
イミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験7

8 月 20 日

実験番号 C7

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ: 方形波インパルス

走行パターン: 完全停止

ノイズ印加箇所: 左ラック(副操作盤・障害者用乗場ボタン)入出力

結果

不具合が発生した最小のノイズレベルは、-700V であり、実験C6 の結果と同等である。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズイミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験8

8 月 20 日

実験番号 C8

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ: 方形波インパルス

走行パターン: 完全停止

ノイズ印加箇所: I/O ラック・インバータ間

結果

±2000V まで試したが、不具合は発生しなかった。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズ
イミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験9

8 月 20 日

実験番号 C9

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ: 方形波インパルス

走行パターン: 完全停止

ノイズ印加箇所: インバータ・モータ間エンコーダケーブル

結果

±2000V まで試したが、不具合は発生しなかった。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズ
イミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験10-1

8 月 20 日

実験番号 C10-1

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

これまでは、停止状態のエレベータにノイズをかけてきたが、ここからは運転中のエレベータにノイズをかける。

手段

エレベータにノイズをかけながら、21 階と19 階を往復させる。不具合なしで5 往復完了したら、ノイズレベルを上げ、実験を繰り返す。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ: 方形波インパルス

走行パターン: 21 階19 階間往復

ノイズ印加箇所: インバータ・モータ間エンコーダケーブル

結果

±2000V まで試したが、不具合は発生しなかった。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズイミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験10-2

8 月 20 日

実験番号 C10-2

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C10-1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ:バースト

走行パターン:21 階19 階間往復

ノイズ印加箇所:インバータ・モータ間エンコーダケーブル

結果

±2000V まで試したが、不具合は発生しなかった。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズ
イミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験11

8 月 20 日

実験番号 C11

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C10-1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ:インパルス

走行パターン:21 階19 階間往復

ノイズ印加箇所:ラック間リボンケーブル下側 (フィルタなし)

結果

+70V で勝手に走行が始まった。

高いノイズレベルでしか発生しない不具合もあるかも知れぬため、+300V までノイズレベルを上昇させたところ、後述のように、今までに確認されていない現象も確認された。すなわち、勝手に動く際には、かご内の副操作盤ボタンか、乗場の障害者用呼びボタンが点灯し、そこへ向かうことが確認された。また、そのようにして点灯していた副操作盤のボタンランプが、あるとき一斉に消えてしまうことが目撃された。

本実験でのノイズ印加箇所である、ラック間リボンケーブルは、CPU の搭載された右側ラックと、副操作盤および障害者用乗場ボタンの入出力回路基板が搭載された、左側ラックとを繋ぐものである。よって、ここへのノイズ印加により副操作盤および障害者用乗場ボタンに異常が発生することは、解釈の容易な現象である。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズ
イミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験12

8 月 20 日

実験番号 C12

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C10-1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ:インパルス

走行パターン:21 階19 階間往復

ノイズ印加箇所:ラック間リボンケーブル上側

結果

-70V で実験を始めたところ、すぐに勝手な走行を始めた。

-60V では、操作盤のボタンランプの瞬間的点灯が、複数回確認された。

他の不具合を発生させるため、ノイズレベルを更に上げることにした。

-100V では、今までのように、勝手な走行、ボタンの点灯・消灯が確認された。

-300V でも、同様の現象が確認された。

-500V では、同様の現象に加え、92mm の床位置ずれ(行き過ぎ)が発生。実験D5(8 月1 日、自然状態運転実験)と同様の制御信号の乱れと、減速中断・再開が記録データから確認された。

このことから、床の位置ずれが制御系へのノイズによって起こることが、ほぼ確認できた。ノイズを直接かけていた場所は、ラック間リボンケーブル上側であるが、ノイズレベルが高かったため、他の場所がノイズを受けた可能性は完全には否定できず、よって床ずれを起したノイズを受けた箇所が、ここであったとは断定できない。また、今回の床位置ずれが、偶然ノイズ以外の原因で発生した可能性も、完全には否定できないため、今後のノイズ印加実験継続の中で、更に数回床位置ずれの再発があれば、ノイズと床位置ずれの関係が、より

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

はっきりと示される。

参考資料

実験現場記録シート、運転制御信号データ、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズ
イミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験13

8 月 21 日

実験番号 C13

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

本実験でのノイズ印加箇所の、右ラック上の2 本のリボンケーブルの先に繋がれた回路基板は、位置センサを含む各種センサの信号の入出力基板である。よって、この場所にノイズを印加することにより、センサ信号が狂い、誤動作が引き起こされることが期待できる。

手段

C1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ:インパルス

走行パターン:完全停止

ノイズ印加箇所:右ラック上の2 本のリボンケーブル

結果

+50V から徐々にノイズレベルを上げていったところ、勝手に走行が始まり、停止後に扉が開かずに、次の走行を始めてしまうこともあった。以前の実験同様に、副操作盤点灯も確認され、また、実際のかごの位置とかご内の階数表示が、ずれることもあった。更に、運転中に急制動が起きたり、停止中に100ms および300ms ほどブレーキ開放電流が流れたこともあり、後者についてはブレーキアームが中央部で230ms ほどの間に左0.4mm, 右0.5mm 開いており、インバータにも運転指令が行っている。ただ、ノイズによる不具合の発現は強制的なものであるため、この実験結果は必ずしも事故状況を再現するものではない。(備考:300ms のブレーキ開放電流が流れた事象は、実験当時には確認されず、後にSEC から提供された実験データの中から発見されたものである。)

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

参考資料

実験現場記録シート、運転制御信号データ、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズ
イミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験14

8 月 21 日

実験番号 C14

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C10-1 に準ずる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ:インパルス

走行パターン:10 階12 階間往復

ノイズ印加箇所:右ラック上の2 本のリボンケーブル

結果

+50 からノイズレベルを徐々に上げていったところ、12 階から10 階へ向けての下降途中に、急制動が発生した。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズイミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験15

8 月 21 日

実験番号 C15

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C14 と同じ。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ:インパルス

走行パターン:10 階12 階間往復

ノイズ印加箇所:右ラック上の2 本のリボンケーブル

結果

±100~150V のノイズを印加したところ、勝手な走行・急制動・途中停止・床位置ずれ(行き足らず)・自動低速走行・ドアが開かない、という現象が、ものによっては複数回ずつ、確認された。異常停止後には、自動低速走行により、近くの階まで走行し、ドアが開かれるという、非常用運転がプログラムされていることが確認された。

参考資料

実験現場記録シート、運転制御信号データ、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズイミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験16

8 月 21 日

実験番号 C16

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C14 に準じる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ:インパルス

走行パターン:10 階15 階間往復

ノイズ印加箇所:右ラック上の2 本のリボンケーブル

結果

-70V~-200V で、勝手な走行・かご内照明の消灯・急制動・火災地震警報ランプ点灯、床位置ずれ(行き足らず)が発生した。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズイミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験17

8 月 21 日

実験番号 C17

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C14 に準じる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ:バースト

走行パターン:10 階12 階間往復

ノイズ印加箇所:右ラック上の2 本のリボンケーブル

結果

+900V 印加最中、12 階から10 階への下降途中、勝手に11 階停止。その後、低速で下降が始まり、ずっと止まらなかったため、B1-B2 階間でワイヤキャッチャでの緊急停止を行なった。ワイヤキャッチャ開放後は、非常走行でB2 階に向かい、到着後に戸を開いた。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズイミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験18

8 月 21 日

実験番号 C18

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C17 と同じ。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ:バースト

走行パターン:10 階12 階間往復

ノイズ印加箇所:右ラック上の2 本のリボンケーブル

結果

-400~-800V および+800V で、勝手な走行・急制動・副操作盤の開ボタン点灯および戸開、がそれぞれ複数回ずつ発生。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズイミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ノイズ印加を含む不具合調査実験19

8 月 21 日

実験番号 C19

目的

C1 から始まる一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の一部であり、目的は共通である。

手段

C14 に準じる。

本実験での基本設定は以下の通りである。

ノイズタイプ:インパルス

走行パターン:10 階12 階間往復

ノイズ印加箇所:ラック間リボンケーブル下側 (フィルタなし)

結果

-500V で、急制動・行き足らず・加速中の停止信号発生およびそれに伴う振動・定速走行中の停止信号発生・加速中の停止信号発生およびそれに伴う床位置ずれ(行き足らず)、の各種誤動作が確認された。

参考資料

実験現場記録シート、運転制御信号データ、およびビデオ

付録 ノイズシールドジャパン株式会社「シティハイツ竹芝エレベータノイズ
イミュニティ試験 試験結果報告書」2007 年8 月24 日

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

過積載検出スイッチの確認

8 月 22 日

実験番号 なし

目的

実験期間中、定格荷重の150%の質量の重りをかごに載せても、過積載警告のブザーが鳴らなかった。建築基準法施行令第129 条の10 第3 項第四号イによれば、乗用エレベータには「積載荷重を著しく超えた場合において、警報を発し、かつ、出入口の戸の閉鎖を自動的に制止する装置」を設けなければならないことになっている。また、国土交通省住宅局建築指導課、財団法人日本建築設備・昇降機センター、社団法人日本エレベータ協会編集による「昇降機技術基準の解説 2002 年版」によれば、その警報を発する基準となる荷重は、「定格積載量の概ね110%」となっている。150%の荷重積載時にも反応しないのであれば、非常に危険であるので、その原因を確認する。

尚、7 月27 日のシンドラーエレベータ社社員による説明の際には、事故後に4号機(実験機)の法定点検を行なった際の記録には、異常が記載されていないため、点検時には正常に作動していたはずだとの説明を受けている。

手段

エレベータピットに下り、かごの下からセンサを点検。

結果

かごの下には、積載荷重に反応するスイッチが3つ搭載されている。どれもマイクロスイッチであり、かごの荷重により、3つが段階的に反応する。各マイクロスイッチは、ねじを用いてエレベータの外フレームに固定されており、それらの上下方向の位置は、ねじを緩めることによって調整できるようになっている。スイッチを上方に移動すれば、より小さな荷重で反応するようになり、下方に移動すれば、より大きな荷重がかかるまで反応しないようになる、という具合である。

3つのスイッチのうちのひとつは、問題の過積載検出スイッチである。残りの2つは、100kg で反応する、無駄呼びキャンセル機能のためのスイッチと、積

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

載荷重の80%で反応する、満員通過機能のためのスイッチである。それらを手で触れてみたところ、過積載検出スイッチを含む2つのスイッチにつき、固定用ねじが緩んでおり、軽く力をかけるだけで上下に動かすことができた。ねじの緩みのために、スイッチの位置がずれてしまい、過積載時に反応しなくなったものと推測される。

機械システムは、必ずメンテナンスが必要である。メンテナンスは、問題が顕在化してから行なう修理とは、そもそもの性質が異なる。メンテナンスとは、問題が起こらないよう、常日頃から状態を良く保つ行為である。人間に例えれば、健康維持のために、日常の食事や運動、適度な休息などに、日頃から注意していることがメンテナンスに当たる。一方で、修理とは、病を煩ってから病院で治してもらうようなことである。

今回の問題は、「過積載センサが作動しているから、何もしなくて大丈夫」という考え方に問題があることを示している。センサが正常に作動していたら、メンテナンスを行なわない、という姿勢は、すなわち、問題が起きるまでメンテナンスはされない、ということの裏返しである。これではもしもの時に事故を防ぐことができない。正常に動いていても、正常に動いているからこそ、その状態を保つために、ねじの再締め付けなどの行為を行なうことが、本来のメンテナンスの意味である。

機械システムのメンテナンスにおいては、摺動部の潤滑と、締結部品の緩みに対する再締め付けは、清掃と並ぶ基本中の基本である。潤滑が不十分な際には、動作が滑らかでなくなったり、振動や音が発生したりするため、問題の発見は比較的容易である。一方で、締結部は、動かない部分であることもあり、問題が顕在化しにくい。しかし、繰り返し力や振動がかかれば、締結部分は必ず緩む。締結部品の緩み対策としては、定期的な再締め付けが、一般的には最も有効である。ねじ止め剤や、固定用のピンなどの方法も存在するが、いずれも限界があるので、注意して用いなければならない。例えば、どちらも更なる締め付けを許さないため、何らかの理由で締結部品や締結されている対象物の寸法が変わった場合には、遊びができてしまい、しっかりとした固定が不可能になる。そのような結果として起きた悲劇の最たる例が、2007年5月5日に大阪府吹田市エキスポランドで起きた、ジェットコースター風神雷神IIの脱輪事故である。

ねじ等を用いた締結は、簡単な技術のように見えるが、きちんと考えて利用し

ないと、すぐに問題に繋がりがねない。地味な技術であるために、あまり注目もされないかも知れないが、締結に関する正確な理解を持つておくことは、非常に重要である。今回発見されたねじの緩みは、マイクロスイッチという電気部品の固定部分で起きていた。特にこのような電気部品周りの機械設計は、機械的知識の乏しい電気の専門家が行なうことも多く、機械の専門家による設計と比べると、概して検討不足になりがちである。しかし、現実には、機械の専門家であっても、必ずしもきちんと締結を理解しているわけではない。機械の専門家も、電気の専門家も、メンテナンスに携わる人も、締結技術の周辺で仕事をする人間は、正確な理解を持つておくことが大事である。特別難しい技術ではないのだが、簡単に見えるがために、分かった様な気分になってしまいがちであり、そのような過信が最も危険である。

参考資料 写真

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

定格荷重125%積載時の動的制動力の確認

8 月 22 日

実験番号 なし

目的

エレベータのブレーキは、定格荷重の125%にあたる荷重積載時に、全速下降中のかごを危険なく減速・停止させる制動力をもつものとして設計されるのが一般的である(竹内照男著「エレベーター・エスカレーター入門」広研社1997 年刊による)。実験機について、それだけの制動能力があるかどうかを確認したい。

手段

定格荷重の125%にあたる荷重を積載し、全速下降中にブレーキを落として非常ブレーキをかけ、その後の、停止に至るまでの現象を調べる。

尚、この際に使用したブレーキライニングは、もともと実験機に搭載されていたもので、実験に際して取り寄せた新品とは材質や性能などが異なる可能性がある。

結果

2007 年9 月現在未解析(SEC 主導の実験であり、本調査には重要でないと判断したため)

参考資料

なし

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

ブレーキ摩耗を伴う事故現象再現実験12

8 月 23, 24 日

実験番号 B17

目的

実験B16(8 月17 日)では、ブレーキの締め付け力が未だに強すぎたため、エレベータが実験開始16 分で停止してしまい、ソレノイドのストローク調整などを行なわざるを得なくなった。本実験では、締め付け力をB12(8 月10 日)と同程度に設定することにより、途中で調整を要することになるリスクを避け、滑りが発生するまで実験を行ない、そこに至るまでの一連の現象を把握したい。

手段

実験B5(8 月6 日)に準じ、ブレーキを開き切らずに運転。下記のような条件下で、実験を行なった。

運転時ブレーキ:実験開始時に、通電時の静止摩擦トルクが、非通電時のおよそ50%に相当する値となるように、ソレノイドへの供給電流を0.55A に設定

モータ冷却ファン:停止

積載荷重:130kg

運転パターン:現実の使用状況に近い形で運転した。具体的には、実際の事故が土曜日19 時20 分ごろだったため、現場で調査を行ない、ある土曜日の13 時から20 時までのエレベータ利用状況を詳細に記録し、それに基づき、エレベータが2 台あった場合の、1 台の運行パターンを算出した。13 時から19 時20 分の間までを終えた後は、再び13 時に始まるパターンから繰り返し、事故時のような滑りが発生するまで運転を行なう。ただし、夜間は実験を休止する。

結果

初日は、8 時30 分から19 時まで、10 時間30 分の運転を行なった。途中で、実験B16 と同様に動かなくなることがあったが、今回は設定を変更せず、10 分ほどの休憩を入れることでブレーキドラムを冷まし、その後は運転を継続した。

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

二日目には、8 時から運転を開始し、12 時間1 分後の20 時1 分に滑りが発生した。合計運転時間は、22 時間31 分である。

22 時間31 分という時間は、実際の日中の運転時間を朝7 時から夜の22 時までのおよそ15 時間と考えると、ソレノイド故障から2、3 日の間に摩耗が進行し、事故に至る可能性を示している。ここでの実験設定は、事故の状態を正確に再現したものではないので、事故時のブレーキライニングの摩耗に、同じだけの時間がかかったことを示すものではない。しかし、これは、事故機と同型機において、もしも実験状況と同様なソレノイドの出力低下があった際には、この程度の時間で摩耗が進行し、事故に至る可能性を示している。ただ、ソレノイドには通常ヒューズが装着されていることもあり、必ずしもそこまで出力が低下するとは限らない。現実にはどの程度の出力低下が起こりうるのかということについては、更なる詳しい調査が必要である。

また、実験時には事故時同様にモータの冷却ファンが止められていた事実があり、そのためにブレーキドラムの温度がよけいに上昇し、その更なる熱膨張に繋がり、ブレーキライニングの摩耗を早めた可能性がある。この影響について確認するために、ファンを回しながらの実験を提案したが、スケジュールや実験に要する部品の都合などにより、残念ながら実現しなかった。

尚、実験で使用したブレーキライニングは、実験のためにシンドラーエレベータ社から取り寄せたものである。同社によれば、それらは事故機に搭載されていたものと全く同じものだそうである。しかし、このことについては、事故機ブレーキライニングの現物も存在しないため、確認ができない。一方で、実験開始時の実験機に装着されていたブレーキライニングは、シンドラーエレベータ社から取り寄せた新品とは、色合いなどで異なるように見受けられた。

実験途中には、発熱・発煙・発臭・火花飛散などの現象が確認された。機械室直下の23 階乗場から、21 階の乗場までは、臭いが確認できた。これは、臭いで事故の前兆に気付くことができた可能性を示唆するものであるが、一般的に、住宅で異臭に気付いた際に、それをエレベータの故障と結びつけることは、なかなか困難なのではないかと思われる。ただ、今回の調査結果を公表する際には、異臭による前兆についても言及をし、そのような可能性があることを、多くの方達の記憶の片隅にでも置いて頂くことができれば、今回のような悲劇を避けられる可能性が、少しだけでも上がるのではないかと思われる。現実には、事故現场上層階に住んでいる人で、事故時の異臭を記憶している方がいらっし

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

やるとの情報もある。

参考資料

実験現場記録シート、およびビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうるものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

制御盤内コネクタ抜け易さチェック

8 月 27 日

実験番号 C20

目的

一連のノイズ印加を含む不具合調査実験の中で、誤操作によりコネクタが抜けたことがあった。他のコネクタに関しては、制御系破壊の危険を考慮し、抜く実験を行なわなかった。ここでは、調査の一環としてそれらの抜け易さを調べる。

手段

エレベータの電源を切った状態で、各コネクタを手で引き抜くを試みる。

結果

制御回路基板まわりには、リボンケーブルが4 本使用されており、よってコネクタは8 カ所である。具体的には、左右ラック間の上下2 本のリボンケーブルと、右ラック内から右ラック上のセンサ用入出力ボードに繋がっている、2 本のリボンケーブルである。このうち、後者2 本の、右ラック内回路基板に繋がっているコネクタには、抜け防止のツメが付いている。他の6 カ所のコネクタは、どれも抜け防止のツメがない。ツメがないものは、手で引くと、大した抵抗もなく、抜けてしまうことがわかった。

8 カ所のコネクタのうち、2 カ所にだけ選択的にそのような安全装置が付いていることは、解釈が困難である。つまり、2 カ所には使用しているので、安全装置について知らなかったというわけではなさそうであるが、他の6 カ所に関しては使用しないという判断を、どういう基準で行なったのかは、推測が難しい。

参考資料

ビデオ

本報告書の内容は詳細分析を終えていない途中段階での未完成的な見解である。それゆえに、本書は単独で参照され、内容を公表されることを想定していない。また、調査自体も様々な制約条件の下で行なわれているため、調査実施のきっかけとなった事故の原因を特定しうものではなく、本書の内容と事故原因とを直接的に結びつけることは不適切である。詳しくは冒頭の「概要および調査目的・制約条件」を参照。

タ ク ラ ム 御中

シティーハイツ竹芝エレベータ近辺ノイズ調査

調 査 報 告 書

2007年 06月 29日

ノイズシールドジャパン株式会社

〒141-0022 東京都品川区東五反田5丁目10-18

TK五反田ビル409

TEL 03-5739-0550 FAX 03-5739-0551

1 目的

シティーハイツ竹芝のエレベータ事故に関して、電磁波による誤動作の可能性を確かめるための電磁環境測定およびノイズイミュニティ測定を行う。

6月26日～27日はそのなかの電磁環境測定である。

2 概要

2-1 調査場所

東京都港区芝1丁目8番23号 シティーハイツ竹芝。
23階エレベータ機械室 屋上

2-2 調査日

測定、設置日： 2007年06月26日(火)～06月27日(水)

2-3 調査項目

項目番号	実施項目
1	電源電圧監視 AC100V
2	AC100Vライン コモンモードパルスノイズ観測
3	空間波ノイズ測定 10kHz～30MHz
4	空間波ノイズ測定 30MHz～1000MHz

2-4 調査者

東京都品川区東五反田5丁目10-18
ノイズシールドジャパン株式会社 技術課

3 調査内容

3-1 調査要件

① AC100Vライン電圧変動監視

② AC100Vライン、グラウンド間パルスノイズ監視

③ 電波性ノイズ測定 10kHz～30MHz

この周波数帯のノイズは、市街地の生活環境等で発生するノイズであり、また建物設備(エレベータ、空調)でもノイズが発生するので、インバータノイズがどの程度あるのかを測定し調査を行う。

特に、この帯域ではインバータノイズの発生する周波数帯域であり、エレベータの稼動状態と比較しながらノイズの発生動向を監視する。

④ 電波性ノイズ測定 30MHz～1000MHz

この周波数帯のノイズは、主に無線電波および放送等の電波が対象であり、比較的強い電波が発生しており、電子機器、制御機器への影響があるのかを調査する。

電子機器 : マイコンが内蔵されている機器、インバータ制御の機器、大多数の家電機器および事務機器等にはマイコンが内蔵されています。

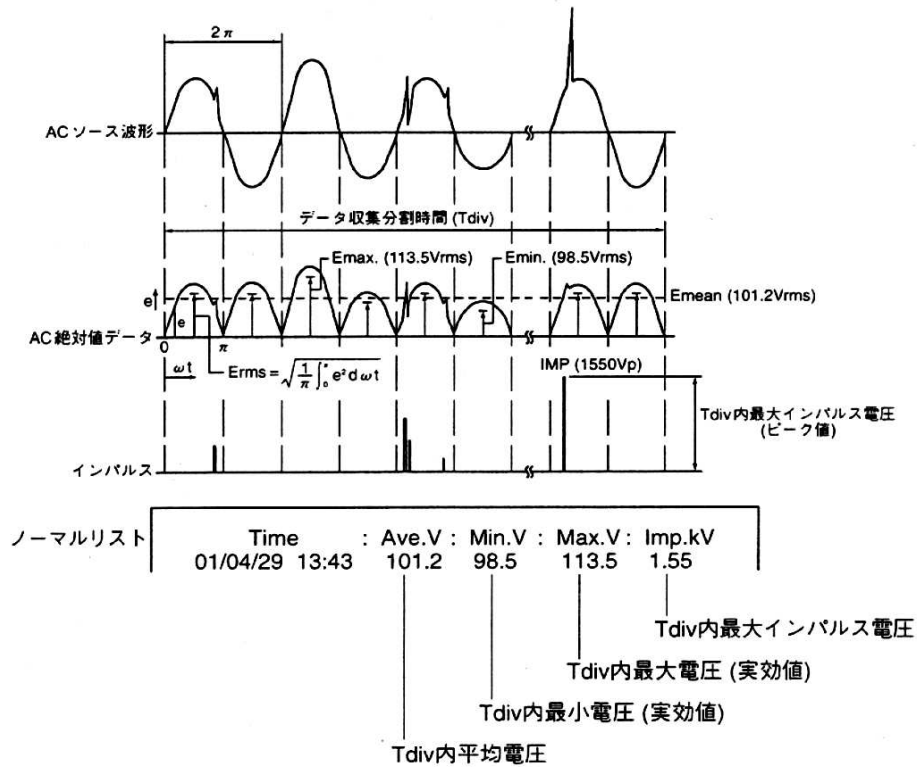
3-2 調査方法

① AC100Vラインの電圧変動監視

L1-L2間の電圧を監視し、同時に線間のパルスノイズも測定する。

ノーマルデータは、データ収集分割時間 (Tdiv) ごとに半周期単位の実効値の平均値、最小値、最大値とインパルス電圧の最大値を集計してデータ収録します。

下図はノーマルデータの収録の様子を示しています。



② AC100VラインとGND間のパルスノイズを測定するためにL1-GND間に監視装置を接続し監視を行う。

尚、①、②の監視は26日27日のみではなく、エレベータ試験が終了するまで設置を続ける。

③④ 空間波ノイズ測定

広帯域アンテナを用いてスペクトラムアナライザで電波性ノイズの強度および周波数分布を測定する。

測定箇所の全周囲から到来する電波性ノイズを測定することからアンテナは無指向性のものを使用する。

23階 機械室 屋上

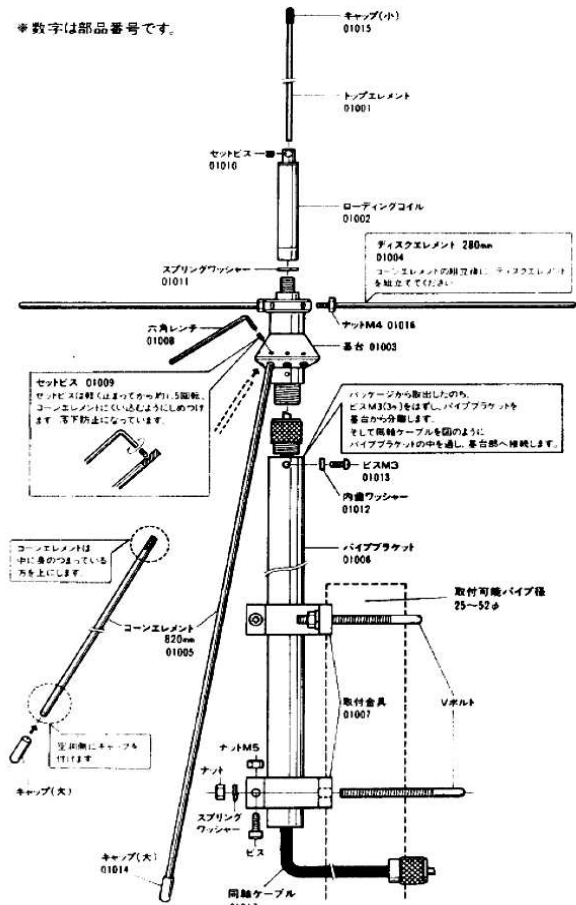


5 使用機器

名 称	型 式	メ ー カ	調査項目(番号)	製造番号
電源監視モニター	ALM-21	NOISEKEN	1	2010F00059
電源監視モニター	ALM-21	NOISEKEN	2	2010F00061
広帯域アンテナ	モノポール	NSJ	3	
広帯域アンテナ	D-130	第一電波工業	4	
スペアナ	R3131A	HP	3-4	SN.3346A00517



モノポールアンテナ



第一電波工業株式会社 〒175 東京都板橋区藤島9-24-13 TEL(03)935-0911(代)

広帯域アンテナ D-130



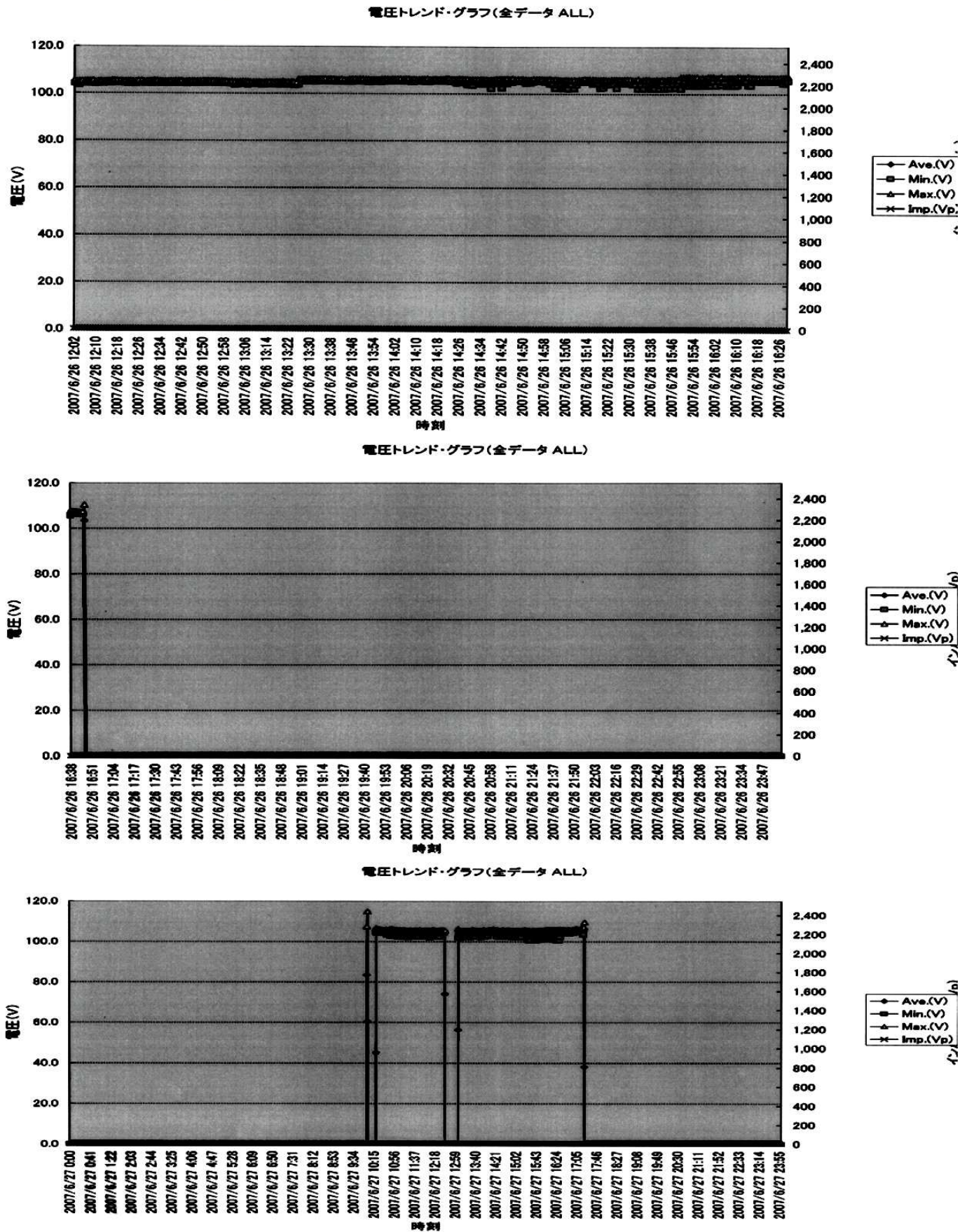
スペクトラムアナライザ 8595E



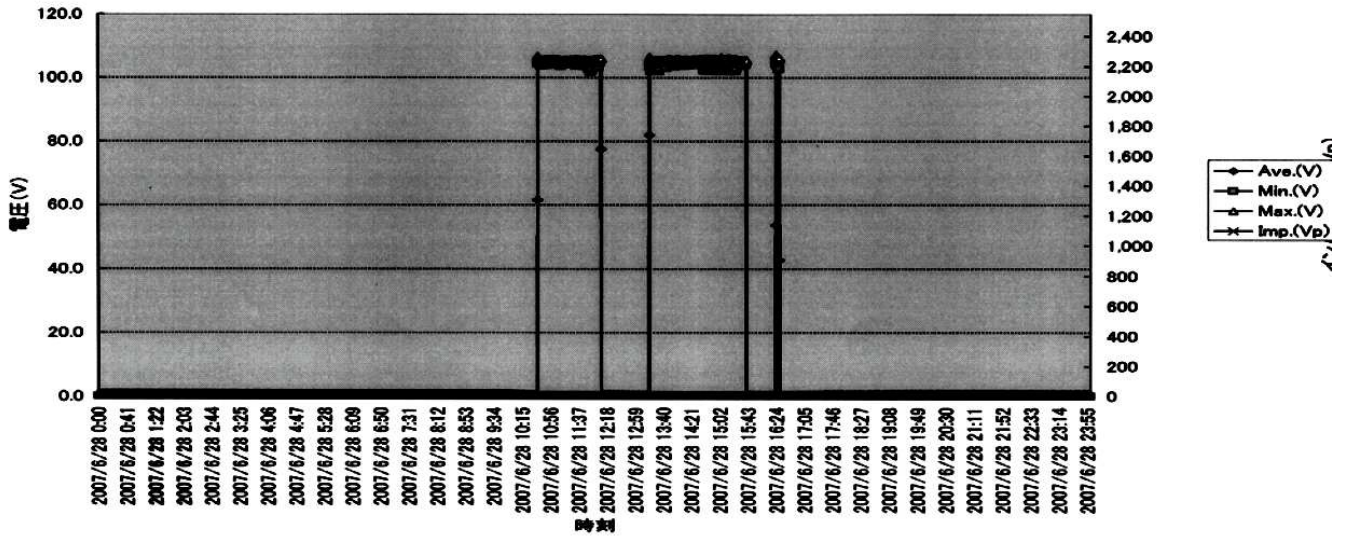
電源監視装置 ALM-21

6 調査結果

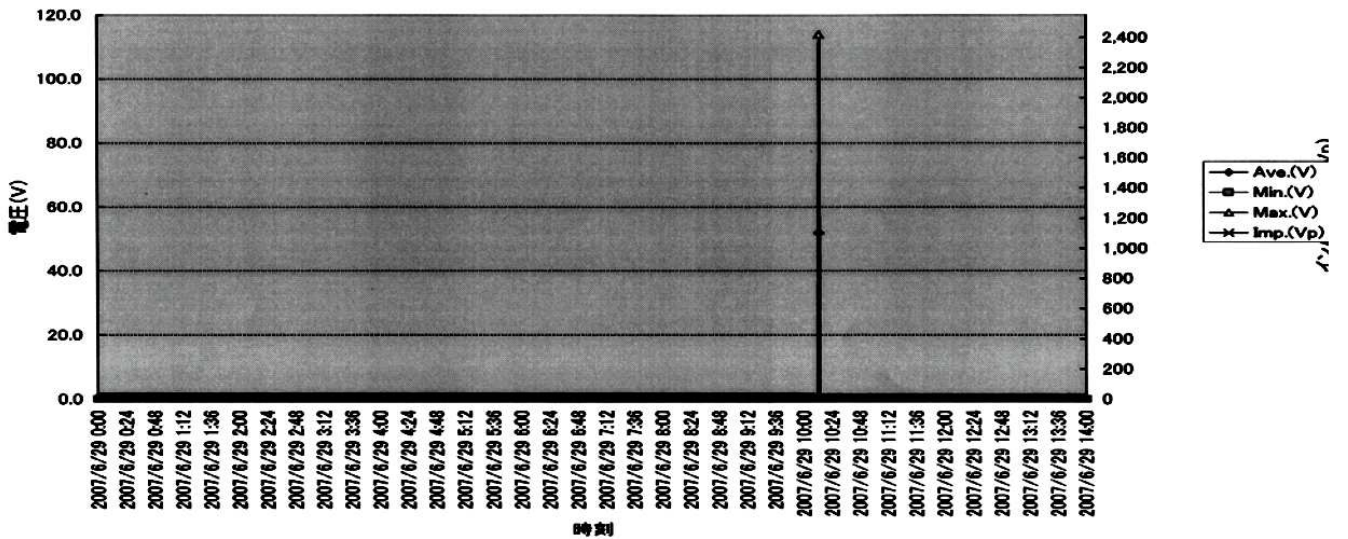
6-1 AC100Vライン 電圧変動監視 26日～27日



電圧トレンド・グラフ(全データ ALL)

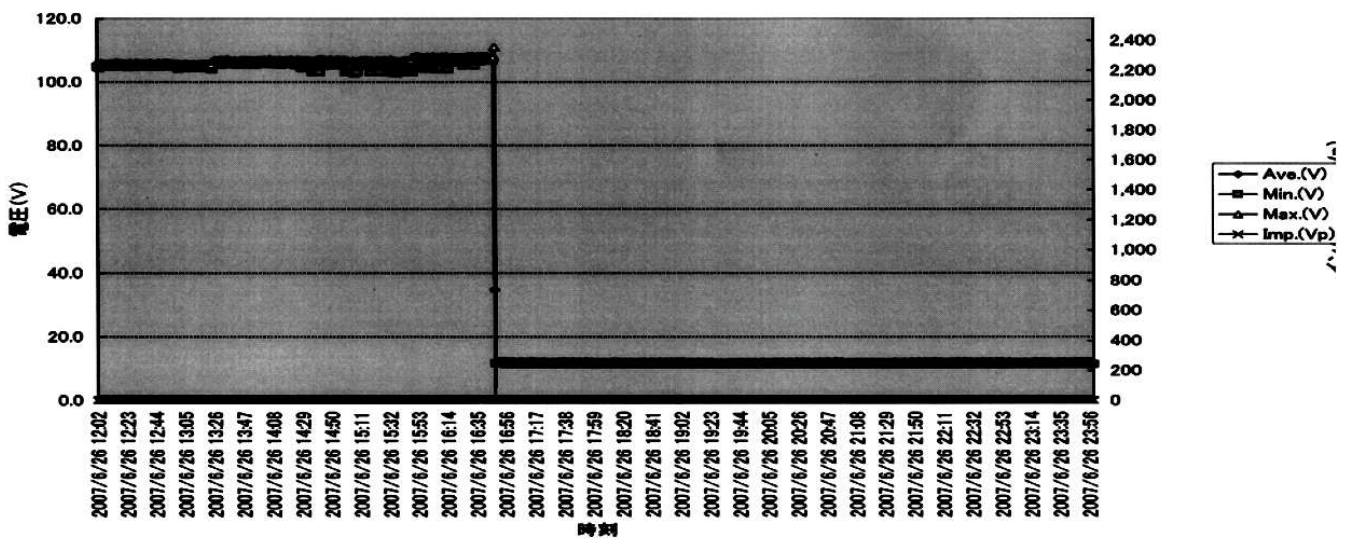


電圧トレンド・グラフ(全データ ALL)

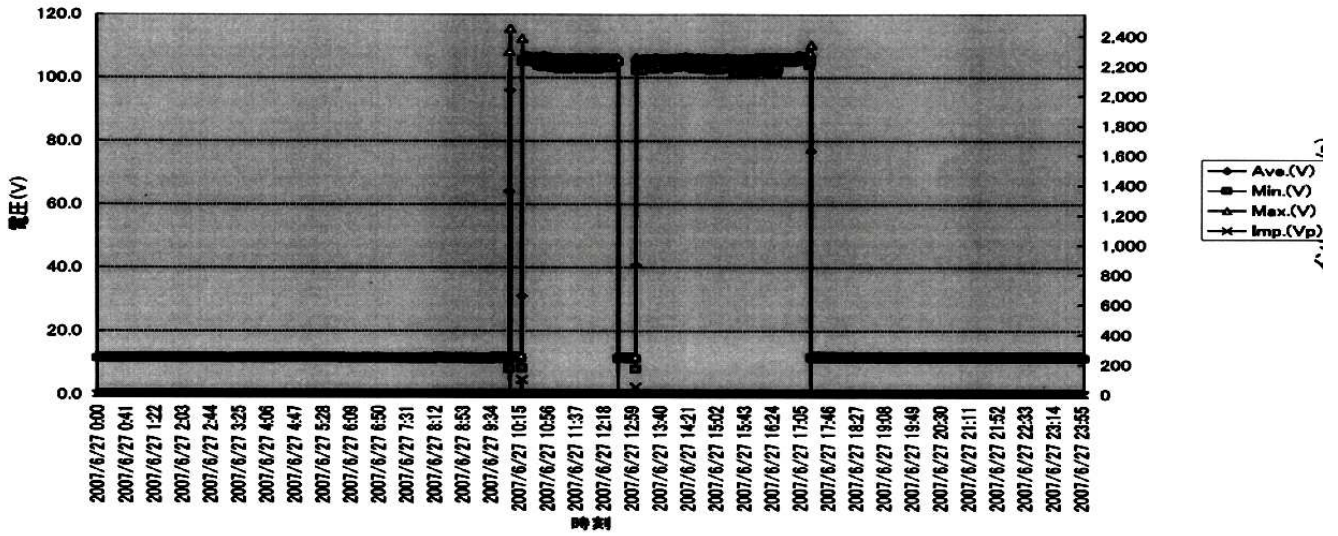


2 ACライン コモンモードパルスノイズ測定 26日~27日

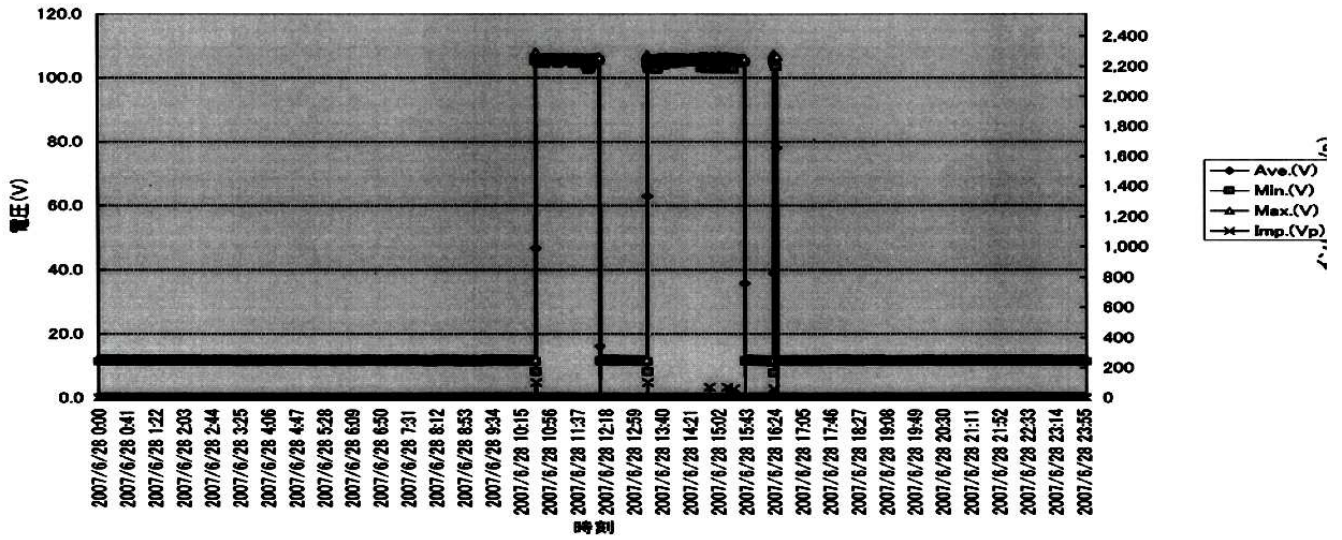
電圧トレンド・グラフ(全データ ALL)



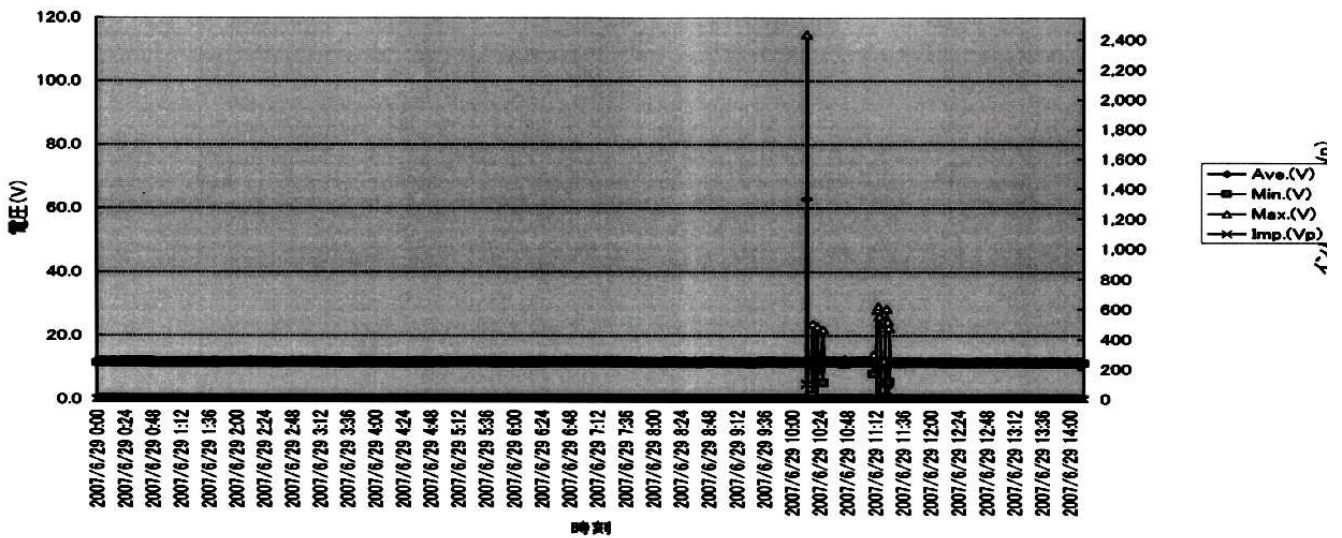
電圧トレンド・グラフ(全データ ALL)



電圧トレンド・グラフ(全データ ALL)

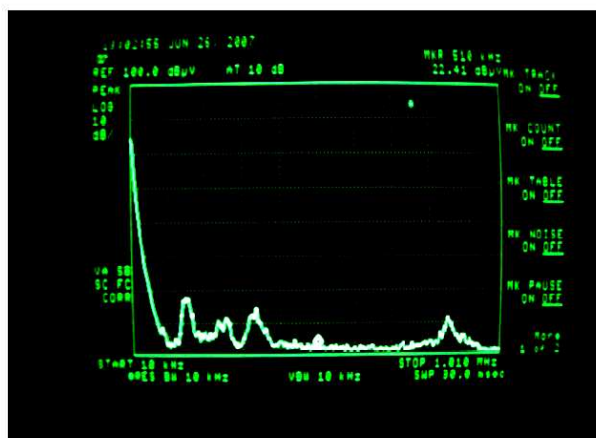


電圧トレンド・グラフ(全データ ALL)

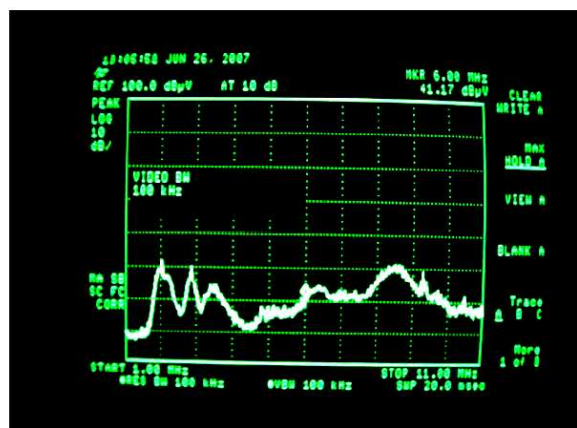


6-3 機械室空間波ノイズ測定結果

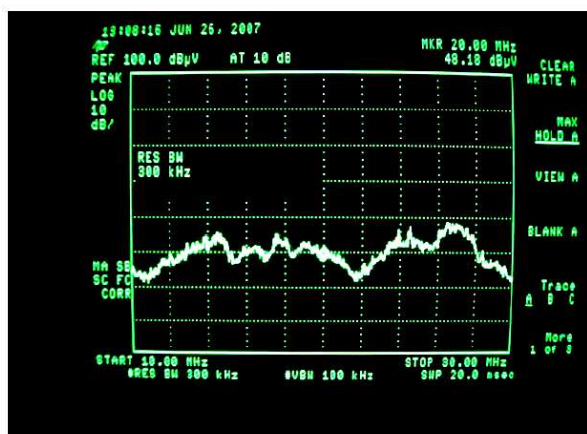
低域部分 10kHz～1010kHz



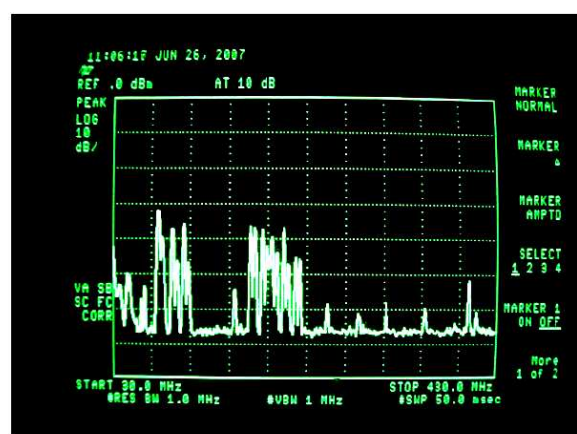
低域部分 1MHz～10MHz



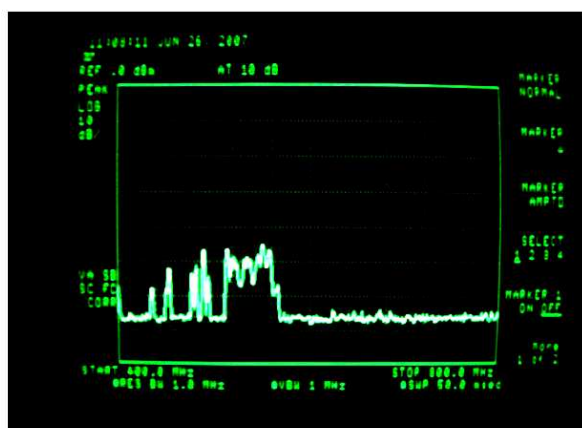
低域部分 10MHz～30MHz



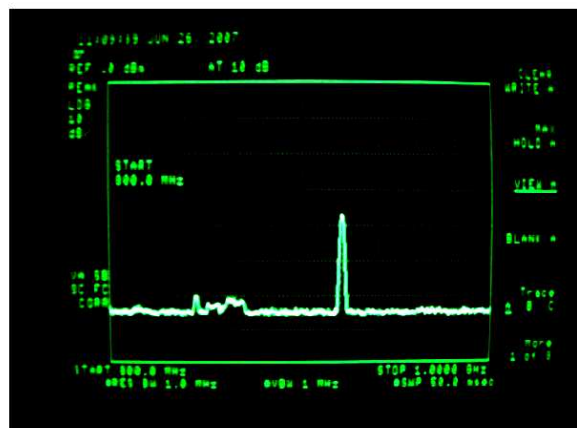
高域部分 30MHz～430MHz



高域部分 400MHz～800MHz

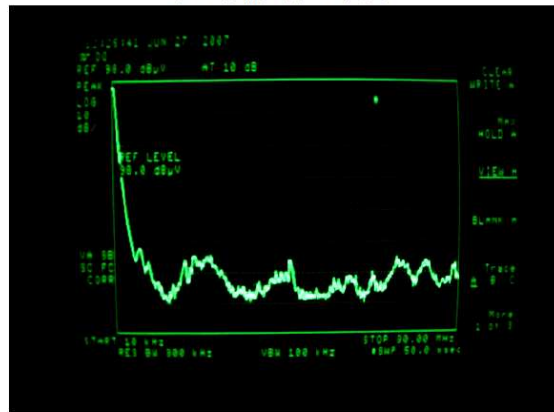


高域部分 800MHz～1000MHz

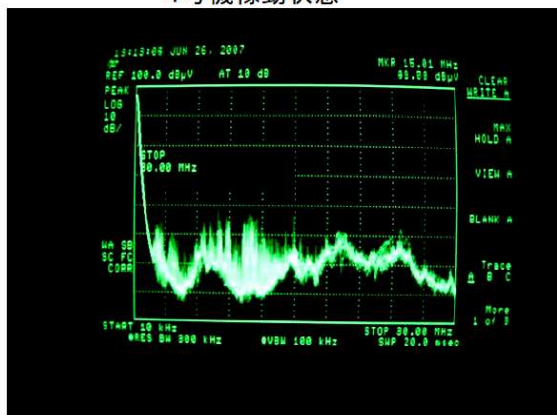


6-4 インバータノイズ測定 10kHz - 30MHz

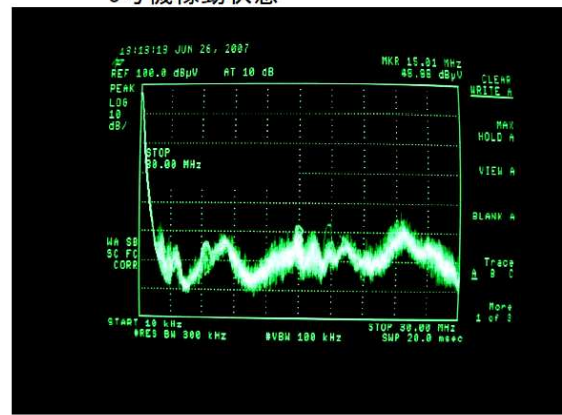
4, 5号機 停止状態



4号機移動状態



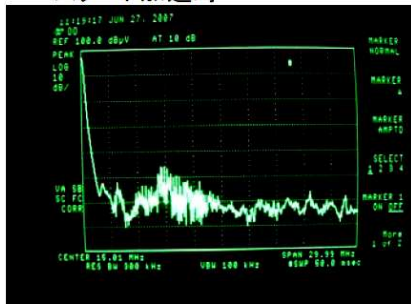
5号機移動状態



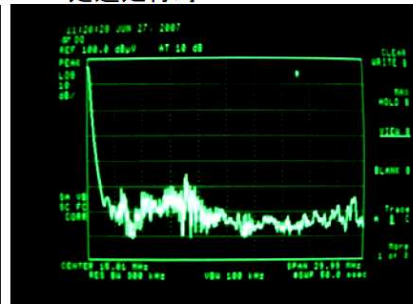
6-5 4号機 スタート加速時・定速走行時・減速停止時による インバータノイズの状態

4号機 負荷 0 kg

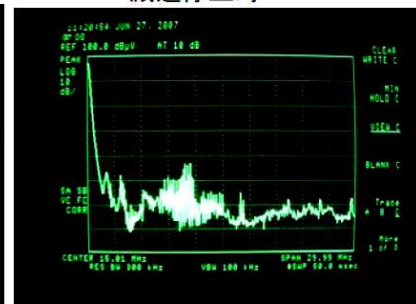
スタート加速時



定速走行時

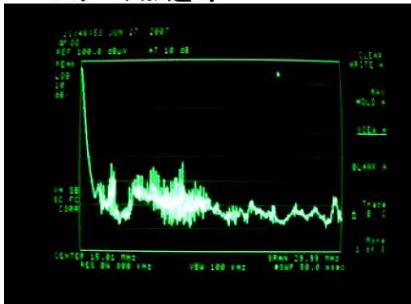


減速停止時

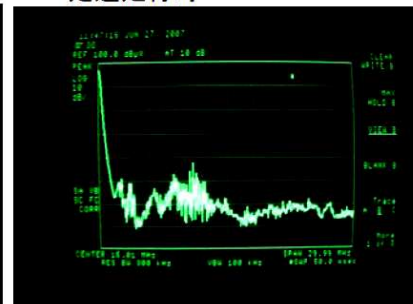


4号機 負荷140kg

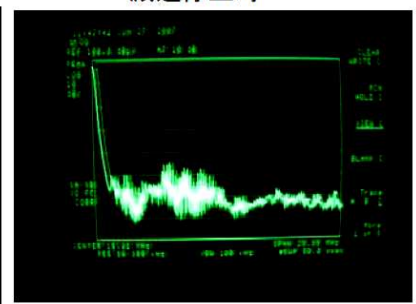
スタート加速時



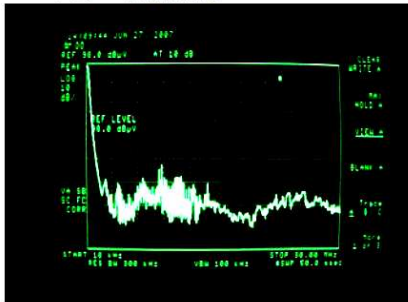
定速走行時



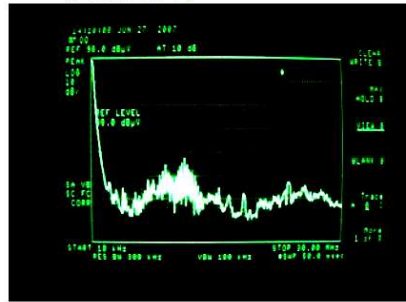
減速停止時



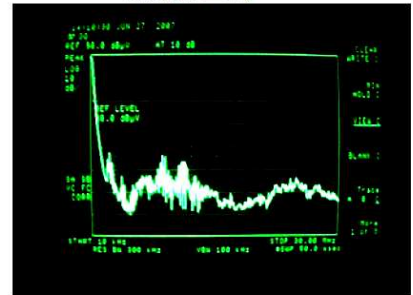
4号機 負荷50%
スタート加速時



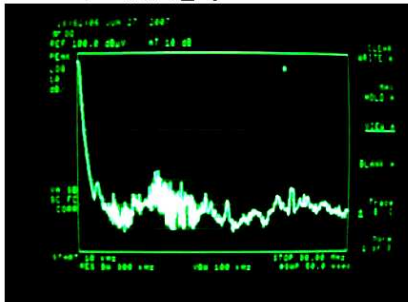
定速走行時



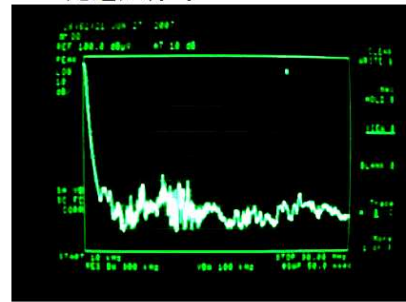
減速停止時



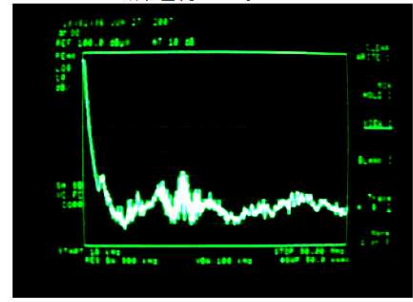
4号機 負荷100%
スタート加速時



定速走行時



減速停止時



7 考 察

放送用東京タワー、空港、都市警察、JR東日本、JR東海と無線を利用する関係機関が近接している場所でそれらの電界強度もかなり強い場所である。
また、東京湾が近いので船舶無線の影響も強い。

AC100Vの電圧は変動も少なく、ほとんど問題がないといえる。
エレベータの試験のため100Vはエレベータ稼働中のみ電圧があり、停止中は0Vである。切り替える時もパルス性のノイズも数十Vと問題はないといえる。

エレベータ機械室のノイズも特に問題となるような電波は見あたらない。ただインバータのノイズは明確に観測されているがこの状態ではインバータノイズの影響で問題がおきているとは判断ができない。
エレベータ試験中の不具合と照合すればわかるかも知れないが現状のデータのみでは判断ができない。

4号機は10MHz近辺のノイズが多く発生し、5号機は30MHz近辺までノイズが分布している。
この現象はエレベータの負荷とは関係なく発生している。

最終的にはエレベータのノイズに対する耐量測定を実施することが妥当であるといえる。

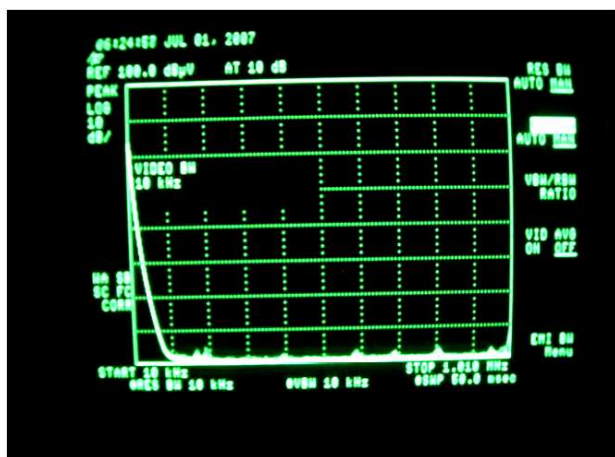
【 添付データ 】

川崎市内

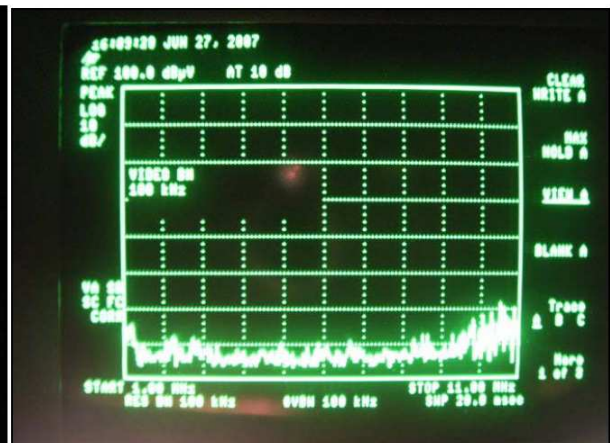
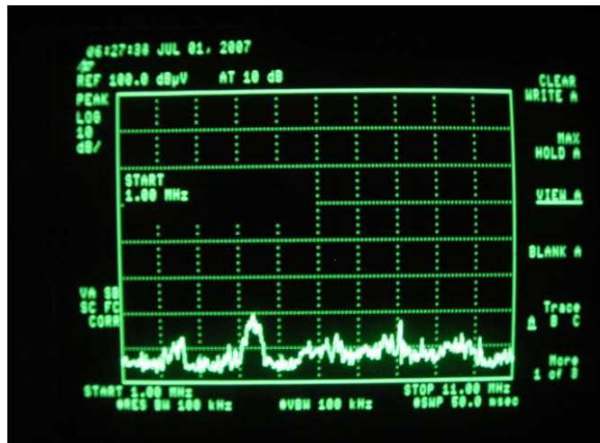


川崎市内

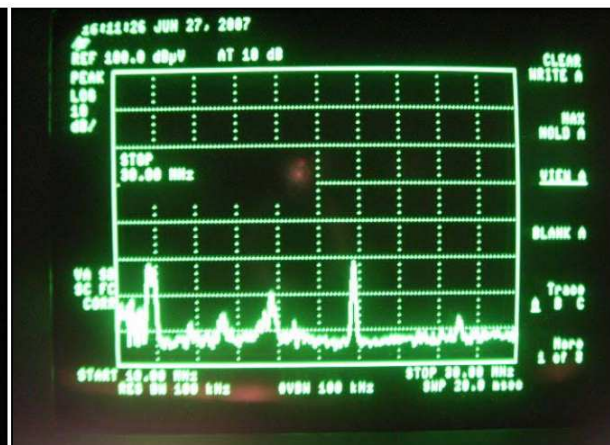
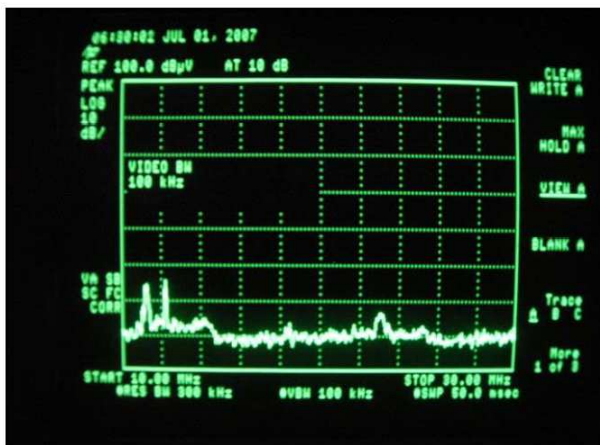
10kHz - 1010kHz



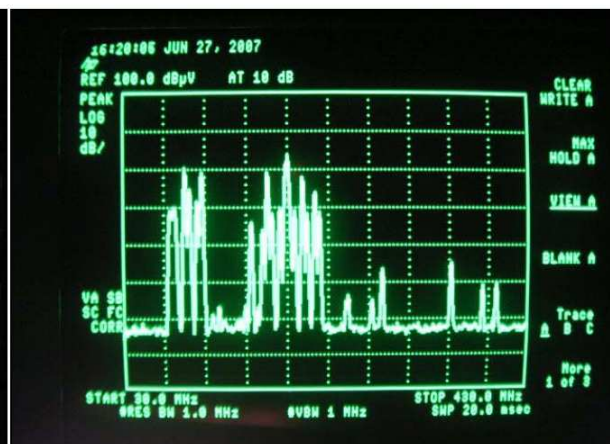
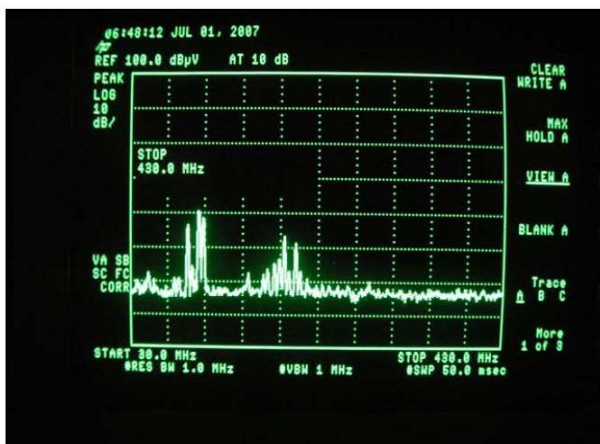
1MHz – 10MHz

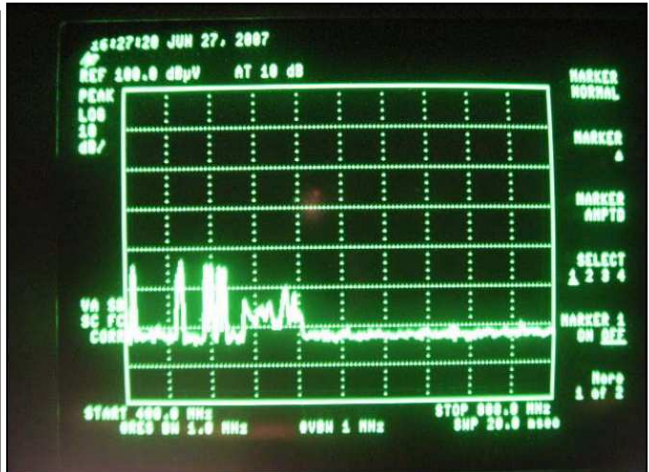
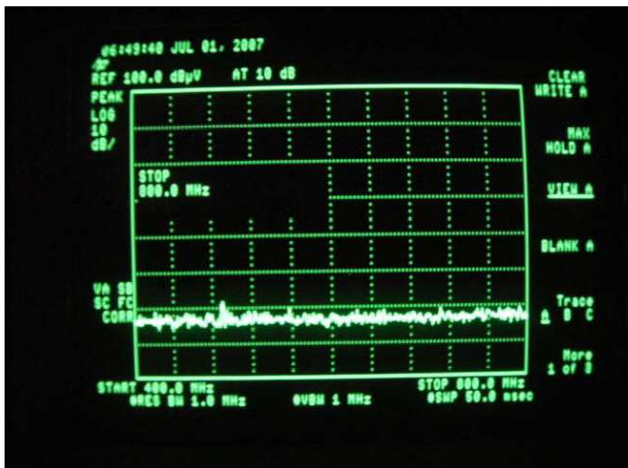


10MHz–30MHz

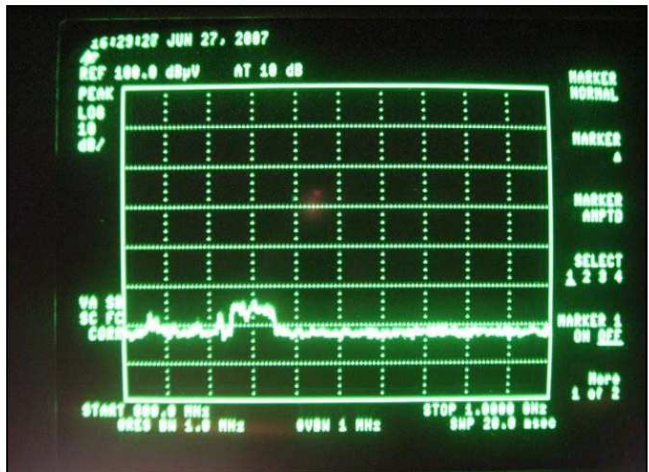
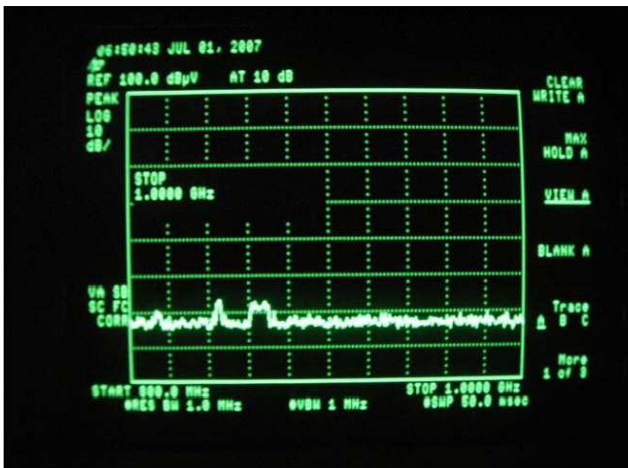


30MHz–430MHz





800MHz-1000MHz





シティハイツ竹芝4・5号機2カー運行シミュレーション

平成19年7月21日
SECエレベーター(株)
開発部 飯田



1.シミュレーションの目的	3
2.シミュレーション方法.....	3
2-1. 交通量測定データ	3
2-2. 群管理シミュレータ.....	3
2-3. 各台シミュレータ	3
3.シミュレーション結果～動作比率（稼働率）	4
3-1. 5号機単独運転の場合.....	4
3-2. 4・5号機 2カー運転、1階待機無しの場合.....	5
3-3. 4・5号機 2カー運転、1階待機有りの場合.....	6
4.シミュレーション結果～運行グラフ	7
4-1. 4号機 12時～14時	7
4-2. 4号機 14時～16時	8
4-3. 4号機 16時～18時	9
4-4. 4号機 18時～20時	10
4-5. 5号機 12時～14時	11
4-6. 5号機 14時～16時	12
4-7. 5号機 16時～18時	13
4-8. 5号機 18時～20時	14



1. シミュレーションの目的

平成19年6月23日13時~20時に実施した三菱電機製5号機（単独運転中）の交通量測定データより、4、5号機が2カー運転を行った場合の各台の運行をシミュレーションし、現在4号機で実施している各試験でのかご運行パターン決定の為に指針とする。

2. シミュレーション方法

群管理シミュレータと各台シミュレータ2台分を一台のパソコンで同時に実行し、プログラム上の乗客に利用させることで、実機を動かした場合とほぼ同等の運行データを取得することができる。

シミュレーション上のエレベータの運行データの取得と解析はSECエレベーター製群管理ロガーをパソコン内の群管理と通信接続して行った。下記にシミュレーションの行うためのツールについて説明する。

2-1. 交通量測定データ

乗場インジケータとかご内監視カメラの映像より、停止階・停止時間・各階での乗降者数・かご乗客数・各時刻を記録した交通量測定データは、群管理をシミュレーションする際に必要となるプログラム上の乗客を生成する為に利用される。

2-2. 群管理シミュレータ

群管理シミュレータとはSECエレベーター製群管理プログラムをパソコン上で再現するものである。群管理では乗場呼びを各台に割り付けるほか、空かごに対して待機指令の発行を行う。群管理をシミュレーションするためには、群管理パラメタの設定と各台シミュレータ、エレベータを利用するプログラム上の乗客が必要となる。

今回のシミュレーションでの群管理パラメタは、「1階にかごがない場合に空かごを即1階へ待機」と「通過禁止」のみとした。

プログラム上の乗客は交通量測定データより生成したが、戸開時間が呼びまたは戸開に主操作盤と副操作盤を使用した場合に時間差があることや、乗客が乗り込んで戸閉釦を押す場合、または乗り捨てられて設定時間まで戸開している場合など毎回異なる為に、これが積み重なって実際の交通量測定データとの誤差が発生する。また、単独運転に対し2カーのほうが1回運転時間が短くなる為、単独運転ではエレベータ待ちで人が溜まり10人運送×1回となっているところが、2カーでは5人輸送×2回となる可能性がある。このため、一台あたりの起動回数は実際の交通量測定データとは一致しなくなる。

また、SECエレベーター製群管理では2台とも空かごの場合は号機番号の高い順に優先して呼びを割り付ける為、4号機よりも5号機のほうが稼働率が高い結果となる。

2-3. 各台シミュレータ

各台シミュレータとはSECエレベーター製のエレベータをパソコン上で再現するもので、実機で使っている制御プログラムと現場パラメタによる制御部部分のほか、ドアマシン・インバータ・巻き上げ機・ブレーキ・操作盤等で構成される。

但し、今回のシミュレーションではSECエレベーター製の105m/minパラメタを使用しているが、シティハイツ竹芝に設置されているエレベータとは加減速時間やドア動作時間などの各動作特性に差異があるため、シミュレーション上での停止時間や人が動いた時刻を交通量測定データの停止時間や人が動いた時刻と完全に一致させることはできない。

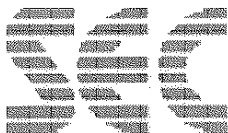


3.シミュレーション結果～動作比率（稼働率）

3-1. 5号機単独運転の場合

項目名	1号機
方向無停止	1時間24分1秒
上方向停止	48分47秒
下方向停止	33分9秒
動作時間	4時間14分3秒
方向無比率	20%
上方向比率	11%
下方向比率	7%
動作比率	62%
25F停止	2%
24F停止	2%
23F停止	1%
22F停止	0%
21F停止	2%
20F停止	1%
19F停止	0%
18F停止	5%
17F停止	0%
16F停止	3%
15F停止	0%
14F停止	2%
13F停止	1%
12F停止	1%
11F停止	1%
10F停止	0%
9F停止	0%
8F停止	0%
7F停止	0%
6F停止	0%
5F停止	0%
4F停止	0%
3F停止	8%
2F停止	1%
1F停止	0%
ブレーキ解放	4時間12分
ブレーキ解放比率	60%

実際の交通量測定での動作時間は4時間26分、動作比率は60.9%であった。



3-2. 4・5号機 2カー運転、1階待機無しの場合

項目名	1号機	2号機
方向無停止	4時間31分46秒	3時間36分22秒
上方向停止	19分59秒	28分42秒
下方向停止	20分8秒	25分57秒
動作時間	1時間48分7秒	2時間28分59秒
方向無比率	64%	51%
上方向比率	4%	6%
下方向比率	4%	6%
動作比率	28%	37%
25F停止	9%	3%
24F停止	3%	1%
23F停止	6%	3%
22F停止	0%	5%
21F停止	2%	2%
20F停止	1%	1%
19F停止	0%	0%
18F停止	10%	8%
17F停止	0%	0%
16F停止	1%	4%
15F停止	0%	0%
14F停止	2%	2%
13F停止	1%	1%
12F停止	1%	1%
11F停止	0%	2%
10F停止	0%	0%
9F停止	0%	0%
8F停止	0%	0%
7F停止	0%	0%
6F停止	0%	0%
5F停止	0%	0%
4F停止	0%	0%
3F停止	25%	22%
2F停止	3%	2%
1F停止	0%	0%
ブレーキ解放	1時間41分52秒	2時間29分6秒
ブレーキ解放比率	24%	35%



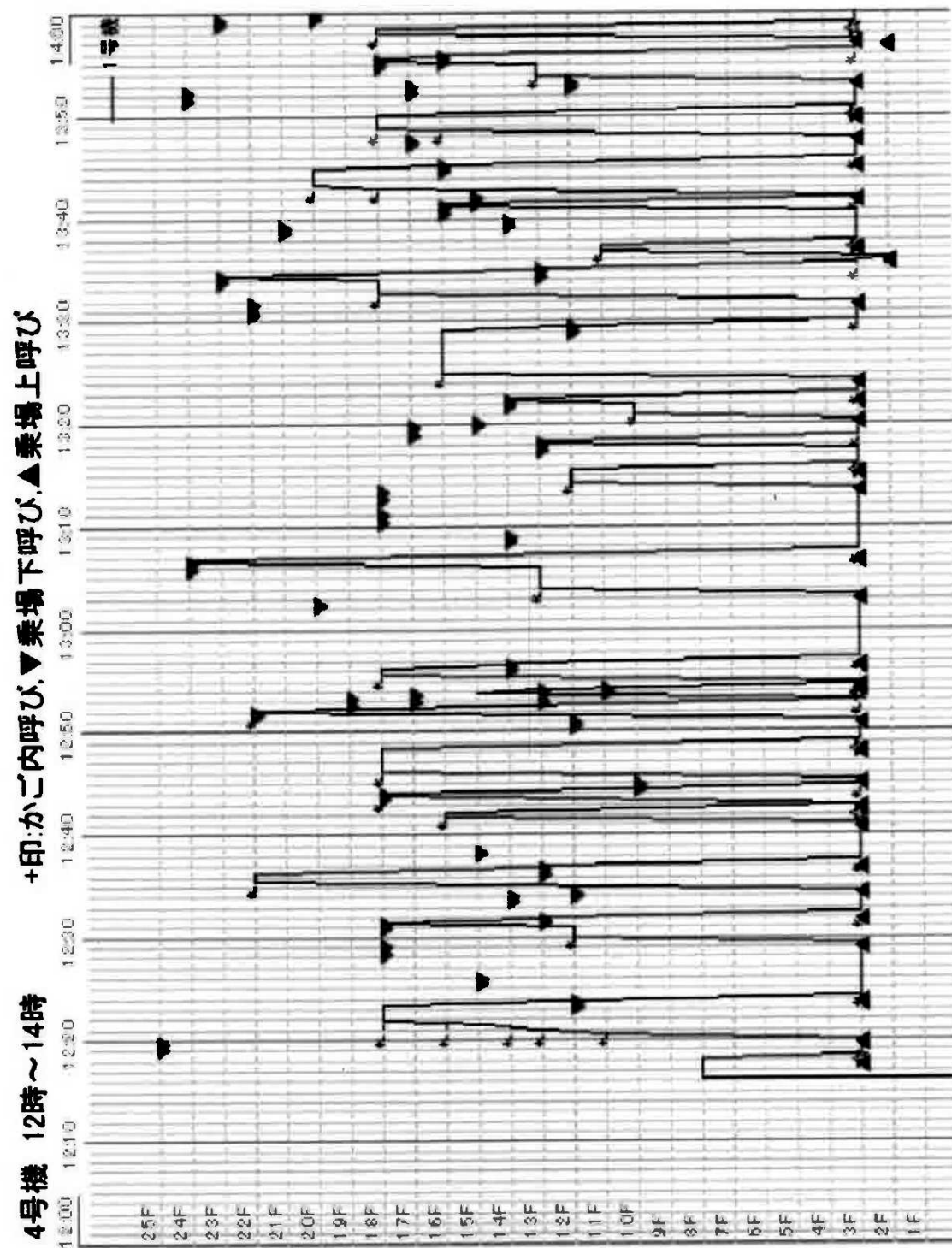
3-3. 4・5号機 2カー運転、1階待機有りの場合

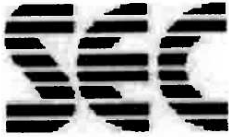
項目名	1号機	2号機
方向無停止	4時間49秒	3時間52分5秒
上方向停止	25分58秒	24分4秒
下方向停止	22分59秒	24分27秒
動作時間	2時間10分14秒	2時間19分24秒
方向無比率	57%	55%
上方向比率	6%	5%
下方向比率	5%	5%
動作比率	32%	35%
25F停止	2%	2%
24F停止	2%	1%
23F停止	2%	0%
22F停止	1%	0%
21F停止	0%	3%
20F停止	1%	0%
19F停止	0%	0%
18F停止	4%	5%
17F停止	0%	0%
16F停止	3%	2%
15F停止	0%	1%
14F停止	2%	0%
13F停止	1%	0%
12F停止	0%	1%
11F停止	0%	1%
10F停止	0%	0%
9F停止	0%	0%
8F停止	0%	0%
7F停止	0%	0%
6F停止	0%	0%
5F停止	0%	0%
4F停止	0%	0%
3F停止	41%	43%
2F停止	1%	0%
1F停止	0%	0%
3F待機指令	31回	29回
ブレーキ解放	2時間8分32秒	2時間18分1秒
ブレーキ解放比率	30%	32%



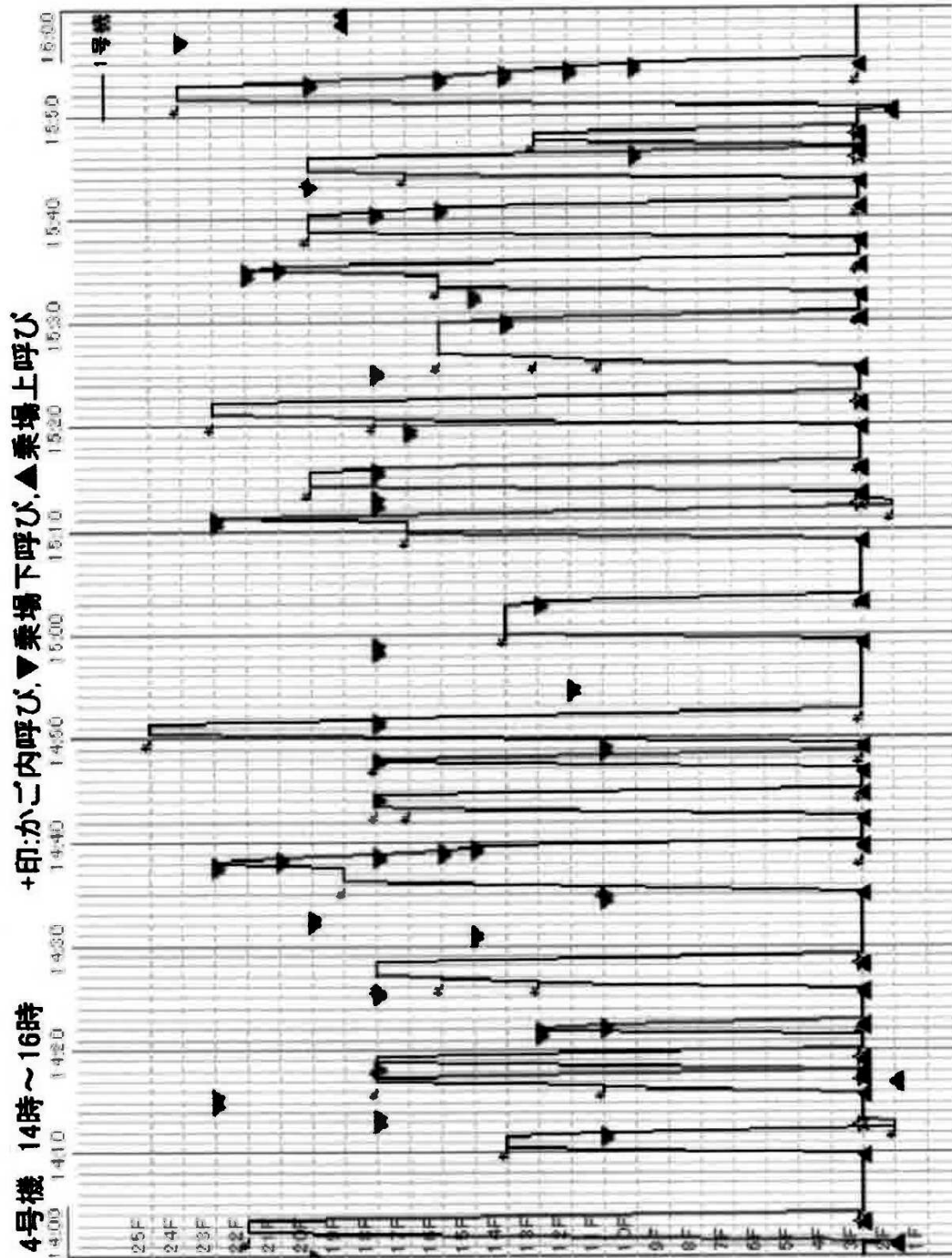
4.シミュレーション結果～運行グラフ

4-1. 4号機 12時～14時



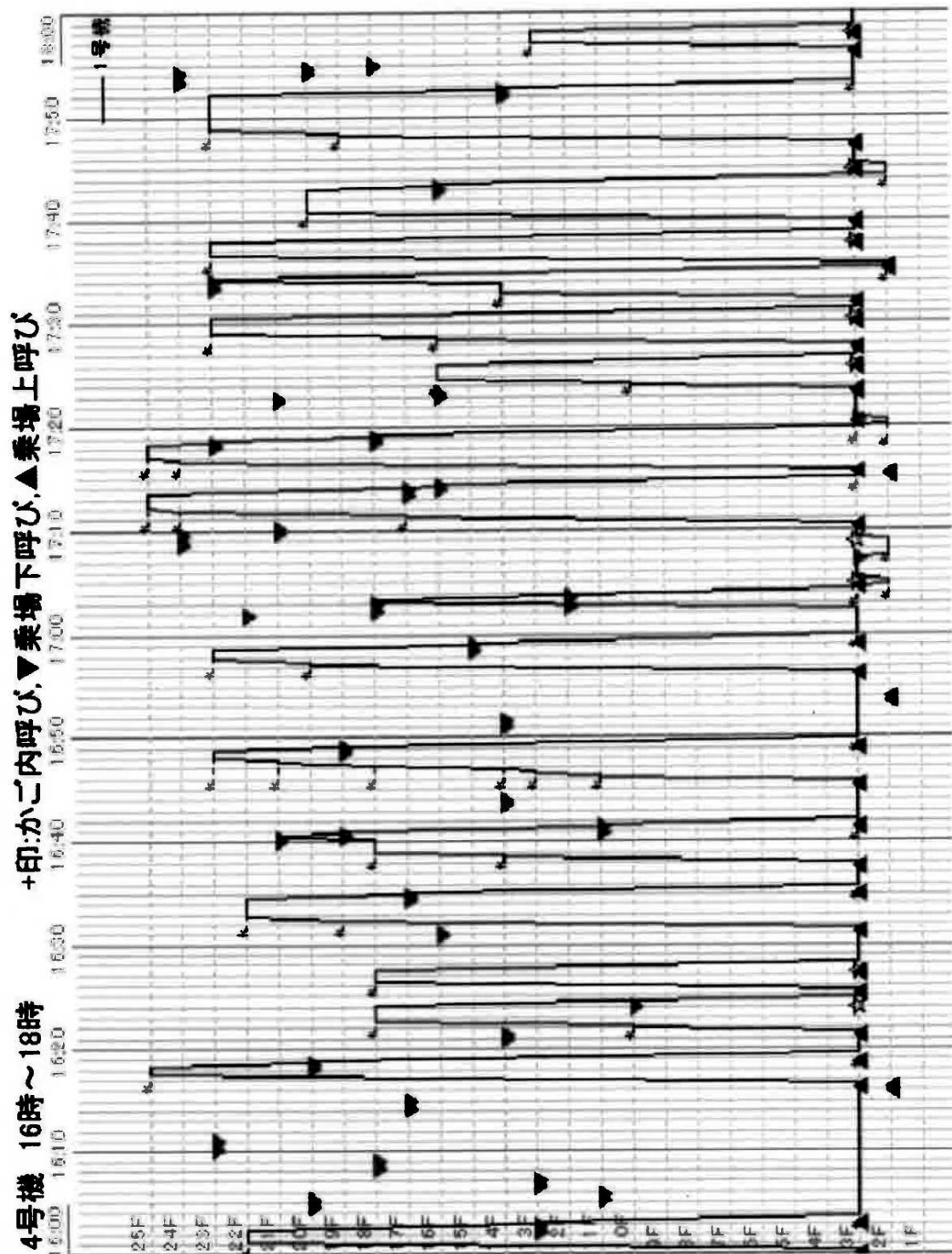


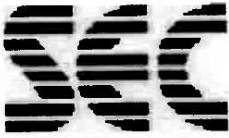
4-2. 4号機 14時～16時



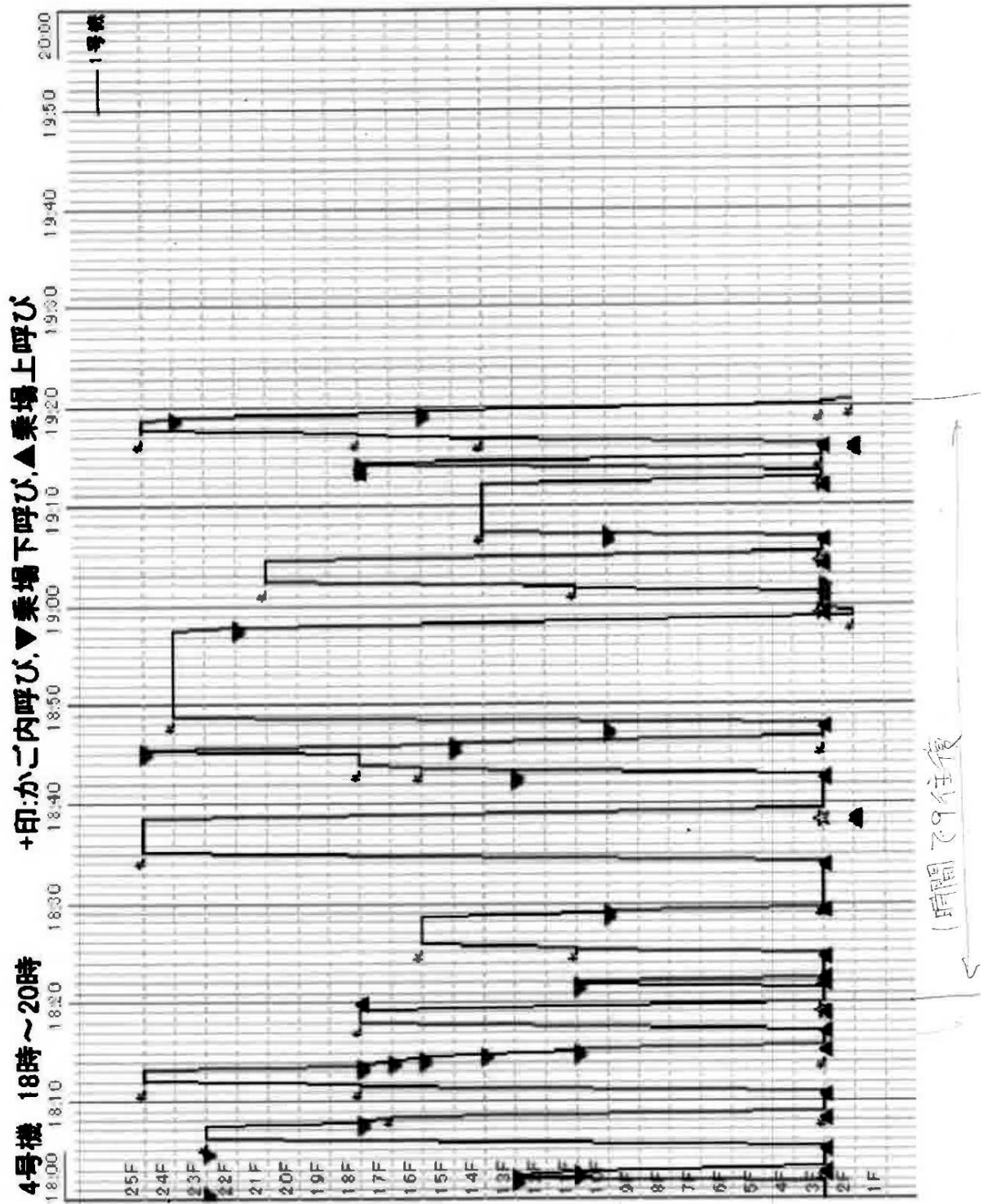


4-3. 4号機 16時~18時



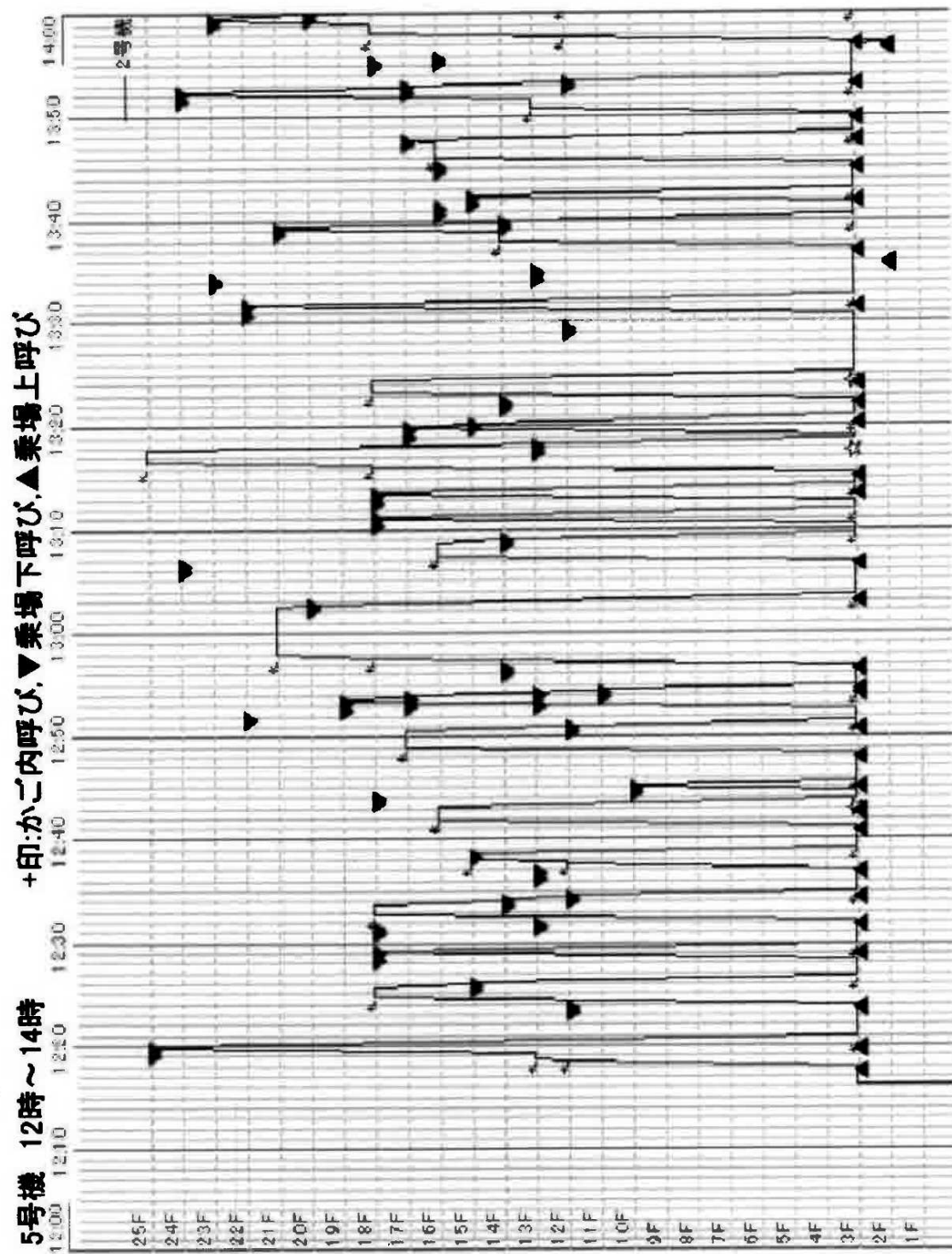


4.4. 4号機 18時～20時



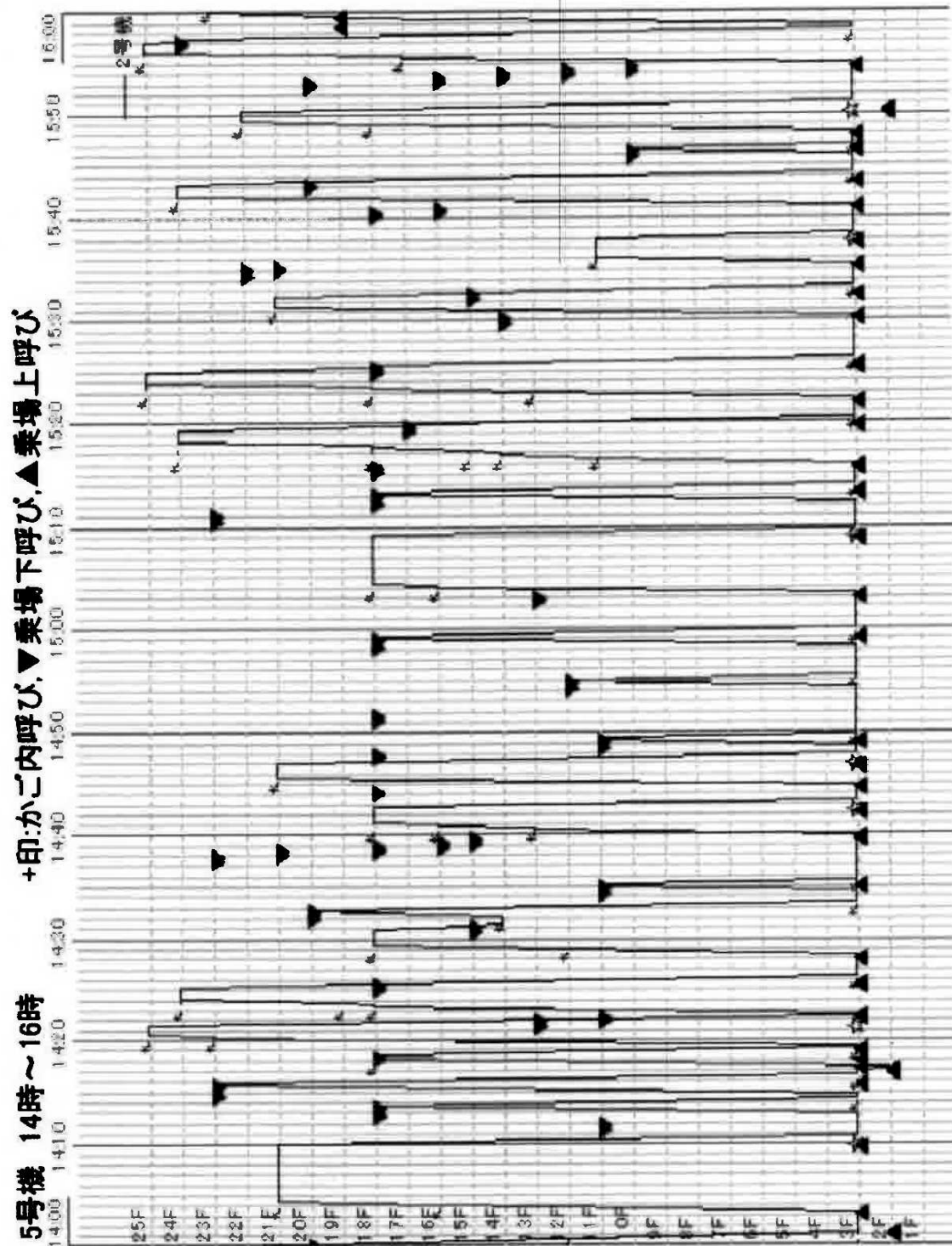


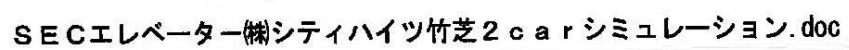
4-5. 5号機 12時~14時



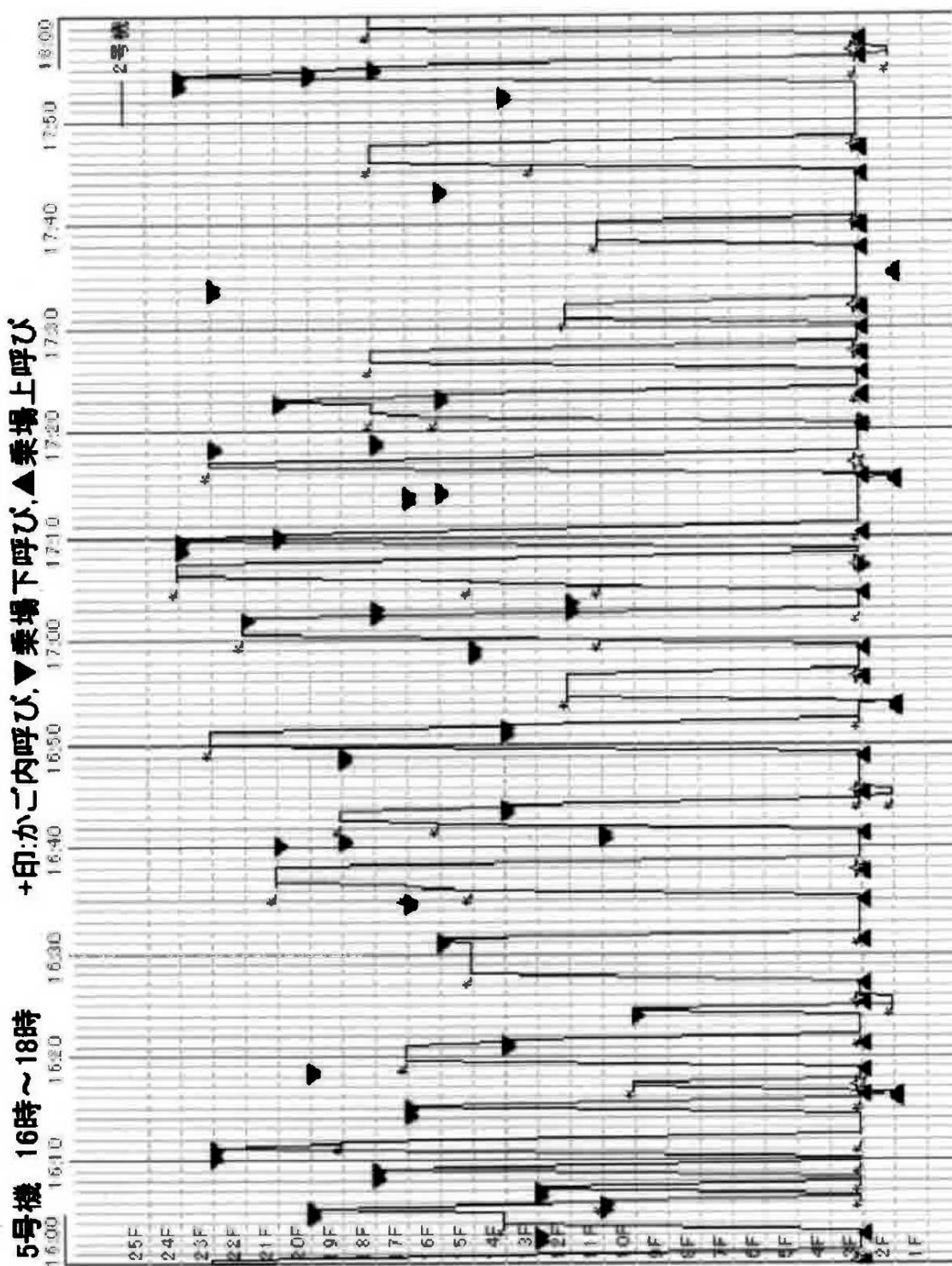


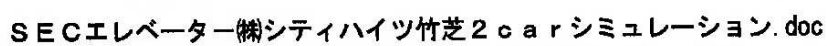
4-6. 5号機 14時~16時





+印:かご内呼び、▼乗場下呼び、▲乗場上呼び、





+印:かご内呼び,▼乗場下呼び,▲乗場上呼び





(有) タクラムデザインエンジニアリング御中

シティーハイツ竹芝

エレベータノイズイミュニティ試験

試 験 結 果 報 告 書

2007年8月24日

ノイズシールドジャパン株式会社

〒141-0022 東京都品川区東五反田5丁目10番18号

TK五反田ビル409

TEL 03-5739-0550 FAX 03-5739-0551

1. 目的

シティーハイツ竹芝エレベータ4号機に対して、通常時の異常動作、事故との関係が電磁波の影響であるかどうかを確認する。

ノイズを印加し再現を試みるものである。

2. 概要

2-1 調査場所

東京都港区芝1丁目8番23号

シティーハイツ竹芝 23階 エレベータ機械室

4号機エレベータ 制御盤

製造メーカー シンドラーエレベータ株式会社

設置年月 1998年4月

2-2 調査日

2007年8月20日、21日 2日間

2-3 調査項目

高周波ノイズイミュニティ試験

○ ファーストトランジェントバースト試験

○ 方形波インパルスノイズ試験

2-4 調査者

東京都品川区東五反田5丁目10番18号

ノイズシールドジャパン株式会社 技術課

3. 調査内容

エレベータの異常動作報告の内容は停止時の床ズレ、行き先間違い、異常振動、ランプの点滅 etc.の現象から考えられる影響を与えるノイズは次の種類がある。

① 高周波ノイズの影響（インバータノイズ含む）

② 静電気放電による誤動作

③ 雷サージによる誤動作

④ 電源電圧瞬断による誤動作

⑤ 電波障害（放送は含む）による誤動作

②は含まれる周波数成分から①の方形波インパルス試験で代用可能である。

③は住民の方の情報で発生頻度と状況から外す事が出来る。

④は事前測定で全く問題が無い事を調査済みである。

⑤は事前測定により最大 60～70dB/ μ V で誤動作を起こすほどの電界強度は観測していない。オンサイトでは電波の試験は電波法に抵触するので出来ない。

以上の理由から高周波ノイズ試験として次の試験法を選定した。

○ ファーストトランジェントバースト試験

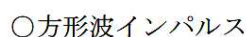
国際電気標準会議で試験法が制定（IEC6100-4-4）されており、日本も加

○ 方形波インパルスノイズ試験

日本では IEC が試験法を検討するかなり前から普及している方法で、殆ど全ての電子機器メーカーが採用している。

4. 試験機器の違い。(資料提供、ノイズ研究所)

○ファーストランジェントバースト



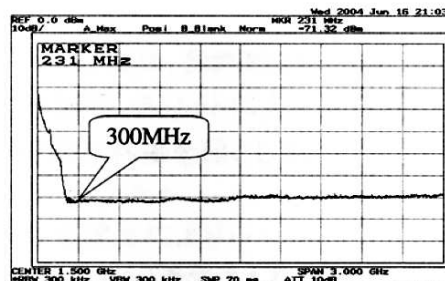
- 自然界には存在しない高周波成分を多く含む代替波形



○ファーストトランジェントバースト

周波数スペクトラム

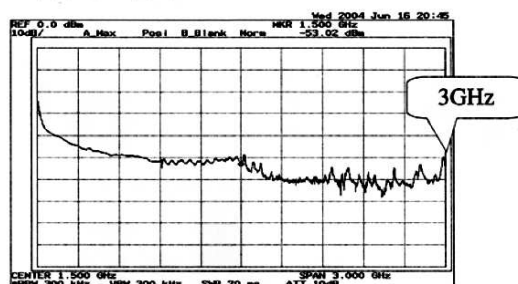
- EFT/B



○方形波インパルス

周波数スペクトラム

- インパルスノイズ



5. 使用測定器

品 名	型 名	製造番号	製造メーカー	備 考
ファーストトランジェントバースト	FNS-AX3	FNS06Y0511	ノイズ研究所	
方形波インパルス試験機	INS-4020	INS0320544	ノイズ研究所	
カップリングアダプタ	CA-806	INS02X0393	ノイズ研究所	

注 : ファーストトランジェントバーストの信号線印加用クランプは容量性クランプであり、サイズが1m以上もあるので竹芝の現場で使用できず、他の容量性クランプもサイズが大きい。

従って、ここでは磁界結合クランプの **CA-806** を選定した。

○ファーストランジェントバースト試験機 FNX-AX3



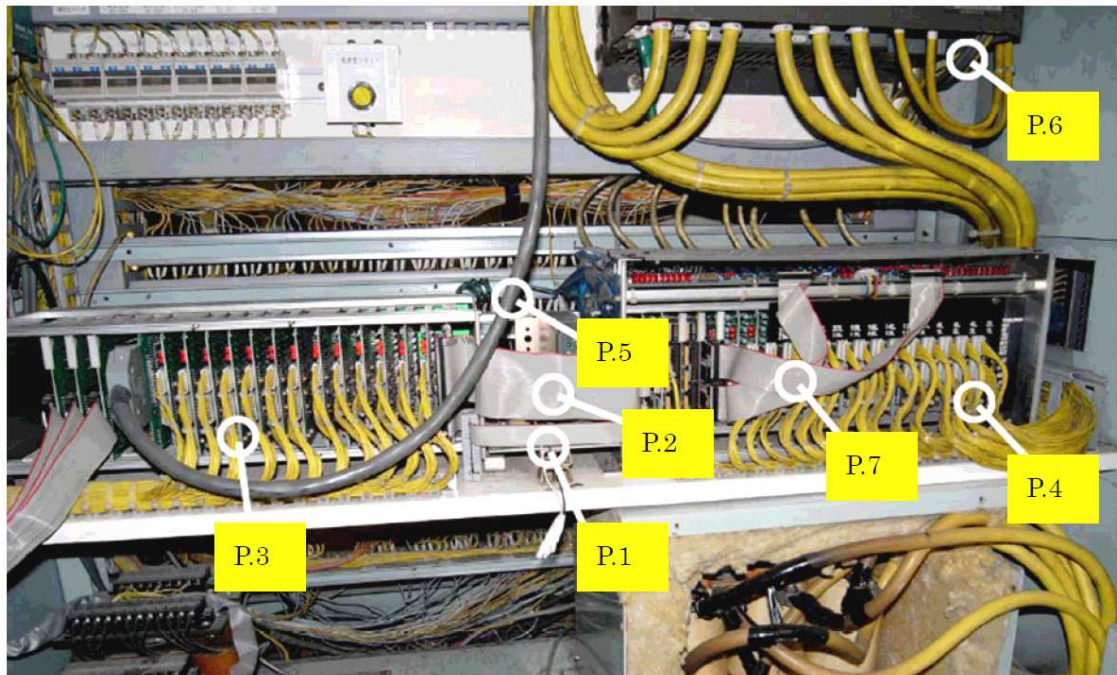
○方形波インパルス試験機 INS-4020



○カップリングアダプタ CA-806



6. ノイズ印加ポイント



- P. 1 内部BUS フェラライトコア有りとなしの2ケース
- P. 2 内部BUS
- P. 3 I/O ポート
- P. 4 I/O ポート
- P. 5 インバータ制御線
- P. 6 エンコーダ出力
- P. 7 I/O ポート

注：電源線への印加は長期測定の結果ノイズも100V程度しか観測されなかったため印加ポイントに選定しなかった。

○印加プローブ設置状態

P.1



P.2



P.3



P.4



P.5



P.6



P.7



7. 試験結果

ノイズの印加は、FTB（ファーストトランジェントバースト）と INS（方形波インパルス）を両方印加し、弱い方で試験を行った。

最初に、エレベータ停止状態で印加を行い誤動作の始まる電圧をみた。

次に、エレベータを動作状態にし誤動作の開始電圧をみた。

最後に誤動作開始電圧を上回るノイズを印加し、他の現象の再現を試みた。

動作状態	印加ポイント	ノイズの種類	誤動作現象
停止状態	P.1	FTB INS	+1300Vにてエレベータ上下誤動作 フェライトコア2個装着にて+2000V OK +60Vでエレベータ上下誤動作 フェライトコア2個装着にて+120Vで誤動作
	P.2	INS	-70Vで誤動作
	P.3	INS	-700Vで誤動作
	P.4	INS	+700Vで誤動作
	P.5	FTB INS	+2000VでOK +2000VでOK
	P.6	FTB INS	+2000VでOK +2000VでOK
	P.7	INS	+250Vで床ズレ現象
動作状態 19F ↑↓ 21F 繰り返し 運転 10F ↑↓ 15F	P.1	INS	+100Vにて各階ランダムに移動誤動作
	P.2	INS	-60VにてB1Fに移動、移動中に呼びランプ点灯 -100Vにて呼びランプ多数点灯 -500Vにて大幅床ズレ、同時にガクンと振動
	P.6	FTB INS	+2000VでOK +2000VでOK
	P.7	FTB INS	-400Vにてブレーキ停止 +80Vにて床ズレ停止 +150V印加、床ズレ、急停止 -150V印加、自動スタート1Fに停止ドア開かず -100V印加、10Fドア開かず減速信号で停止 -70V印加、床ズレ減速信号で停止

8. 考 察

FTBとINSでのノイズ耐量の差は前述した、含まれるスペクトラムの違いによるものと考えられる。

電子機器内部回路で自分の弱い周波数成分がノイズに含まれていなければ誤動作は起きないため、FTBのノイズでは竹芝の環境を再現できなかったと言える。

基本的に耐ノイズ設計はなされていないシステムと考えられる。

システムの本래のI/Oケーブルにノイズを印加しても2000V耐えている。

制御回路内部のデータバス等がシールドもされていない長いフラットケーブルで接続されており、弱くて当然である。

後付けであろうと思われる、フェライトのコアでも両端につけると倍のノイズ耐

量を示している。すべてのフラットケーブルに装着すればかなり耐量上がる。
住民の方々の報告の異常現象はすべて再現されているので、ノイズにより頻繁に誤動作していたものと推測できる。5号機に他社の最新バージョンのエレベータが設置されて誤動作が激しくなった事もインバータの性能アップにより発生ノイズが周波数の高い方に移動したために起きたものと納得できる。
一番の問題点は設計時、または出荷前にノイズテストがされていないことに尽きる。ノイズテストさえ実施すれば、技術者ならば何とか対策を試みて現状よりはましなはずである。