

# わが国の最古級エレベーター巻上機

三井宣夫<sup>1</sup>・前島正裕<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 国立科学博物館産業技術史資料情報センター 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2-1-1

<sup>2</sup> 国立科学博物館理工学研究所 〒169-0073 東京都新宿区百人町3-23-1

## One of the Oldest Elevator Machines in Japan

Nobuo MITSUI<sup>1</sup> and Masahiro MAEJIMA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Center of the history of Japanese Industrial Technology, National Museum of Nature and Science, 2-1-1 Nihonbashi Muromachi, Chuo-ku, Tokyo 103-0022, Japan

<sup>2</sup> Department of Science and Engineering, National Museum of Nature and Science, 3-23-1 Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan

**Abstract** The National Museum of Nature and Science keeps an old elevator machine with winding drum made by the Otis Elevator Co. in 1901, which was inherited from Nippon Life Insurance Company in 1966. This elevator was installed at Nippon Life Insurance Company Building at Osaka-city in 1901. It was the third elevator imported to Japan in Meiji era. This paper is the report of the investigation about this old machine. The machine has been kept in the very good condition without lost parts and corroded parts with rust. Rotating the machine by the manual hand, the machine mechanism, gear ratio of the machine and action mechanism of the rope control operation gear unit were examined. Through this investigation, the steady safety philosophy in elevator design using self-lock principle of the worm gear machine was appreciated. We recognized that this was the oldest of workable elevator machines in existence in Japan and very important heritage in the elevator technology.

### 1. はじめに

国立科学博物館新宿分館にわが国における最古級のエレベーター巻上機が保管されている。この巻上機は1901年に日本に輸入されたものである。産業技術史資料情報センターの平成18年度「技術の系統化調査」のテーマ「ロープ式エレベーター技術発展の系統化調査」に関連して同機調査の機会を得たので、日本にエレベーターが輸入された当時のエレベーター設計思想を知り、歴史的に最も初期のものとされるロープコントロールの機構を解明するために今回調査を行った。調査方法は製品の来歴調査と外観調査により行い、製品を分解して行う数値的調査はしていない。

最初に背景となる日本のエレベーターの歴史について述べる。

日本における乗用エレベーターは1890（明治23）年に上野浅草の凌雲閣（一名浅草の十二階）に設置されたものが最初とされる（図1）。（因みに凌雲閣の開館日であった11月10日を日本エレベーター協会は「エレベーターの日」と定めている）。

このエレベーターは国産技術によるものであったが、技術的な水準は低く安全性に問題があるという理由から約半年後に当時の警視庁から運転が差し止められてしまった。

それから6年後の1896（明治29）年に日本銀行本店（日本橋）に地下から3階まで運転するオーチス・エレベータの速度毎分100尺（30m/min）、電動式の乗用エレベーターがアメリカン・トレーディング・カンパニー（当時の極東におけるオーチス・エレベータの総代理店）のロンドン支店か



図1. 日本で最初にエレベーターが設置された  
凌雲閣

ら輸入されて設置された<sup>1)</sup>。これはわが国に設置された本格的な乗用エレベーターの1号機となった。また同年に三菱3号館（丸の内）に水圧エレベーターが設置された。ついで1901（明治34）年に日本生命保険本店（大阪）に電動エレベーターが設置された。これは国内の3番目の輸入エレベーターで関西地区では最初のエレベーターであり、いずれもオーチス・エレベーターのエレベーターであった。

その後日本にはワーズワース（英）やスチグラ（伊）などの外国メーカーの製品が輸入されわが国のエレベーター時代が始まった。そして1915（大正4）年によく国産技術による本格的な乗用エレベーターが伊藤丸紅呉服店（大阪）に設置された。

その後1923（大正12）年の関東大震災の前後に多数の国産エレベーターメーカーが誕生してエレベーターは普及したが、市場では性能の優れた高級機は輸入エレベーター、安価で実用的な機種は国産メーカーのエレベーターと言われた時代が第二次世界大戦の終戦まで続くことになった。<sup>1)~3)</sup>

今回報告する新宿分館のエレベーター巻上機は前述の日本生命保険本店に設置されたエレベーター部品で、1966（昭和41）年に国立科学博物館に寄贈された物である。



図2. 創建時の日本生命保険本店

## 2. 新宿分館に保管されているエレベーター機器

1901年に大阪市今橋通りに関野貞博士の設計による建坪398坪（1,313 m<sup>2</sup>）レンガ造り3階建ての日本生命保険本店が新築され、ここに英国のオーチス社のエレベーターが輸入設置された（図2）<sup>8)</sup>。エレベーターは電気駆動でロープ式のつり合おもり付き巻胴方式、速度は毎分80フィート（24 m/min）、運転方式はロープコントロール方式であった。

その後、昭和の初期まで日本生命保険本店のエレベーターとして使われていたが、昭和年代に入り国産のエレベーターに取り替えられた<sup>1)</sup>。おそらく運転方式のロープコントロール方式と交流1段制御エレベーターの運転性能が時代の水準に合わなくなったためと推定される。しかしエレベーターとしての機能は十分に保持していたため、エレベーターは同社の木幡町倉庫に移設され<sup>5)</sup>、およそ30年間倉庫の荷役用に使用されていたが、1962（昭和37）年に当時のエレベーター関連法規に合わなくなり撤去された。そして、4年後の1966（昭和41）年にエレベーター部品一式が日本生命保険相互会社から国立科学博物館に寄贈された。寄贈後の一時期は上野の科学博物館内に展示されていたが、館内の改修工事に伴い撤去され部品状態で新宿分館に保管されていた。<sup>2)~4)</sup>

今回の調査からエレベーター構造は図3のような2:1ローピング構造をしていたと判明したが、新宿分館には、巻胴式巻上機、起動抵抗、かご室

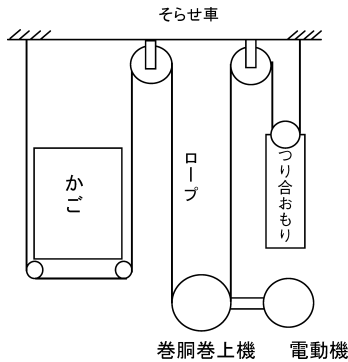


図3. 調査から判明したエレベーター構造

関係品、ガイドレールなどの部品が確認されたが、つり合おもりとそらせ車関連の部品は確認できなかった。

ロープコントロール方式はエレベーター運転方式の一つで、エレベーターのかご内から運転者がロープを引くことで起動・停止の制御を歯車とカムを使い遠隔操作する初期の機械的な制御方式である。

以下、保管されている巻上機とロープコントロールの機構について報告する。

### 2.1 巻上機関係

図4、図5は保管中の巻上機の写真である。図4は左から電動機、ブレーキ、ロープコントロール部を示し、図5は手前から電動機、ブレーキ、ウォームギヤ減速機、巻胴部を示している。

ウォームギヤ減速機は、電動機軸を手回して確認したところ、ウォームは1条歯、ホイールは歯数が60枚で減速比は1:60であった。

巻胴は1周長が2760mm（直径878mm）でロープ溝数は30溝で、これにφ18mmロープ2本巻で15ターン巻けるものであった。現物の巻胴には昭和30年代まで使用されたと思われるロープ約6ターン分が左右から巻きつけられたまま残されていた。左右で逆向きに巻かれているのはかご用とつり合おもり用であり、かごを巻上げる時はつり合おもりが巻下げられる事で、かごの重量を補償するように構成して駆動電動機の容量を節減するための方法である。6ターンはロープ長で16.6mになり、建物が3階床でありエレベーターの行程長はおそらく8m前後で有ったと考えられることから、このエレベーターが図3のような2:1ローピングの構造であったことが判明した。なお、測定データからエレベーター速度を計算すると電動

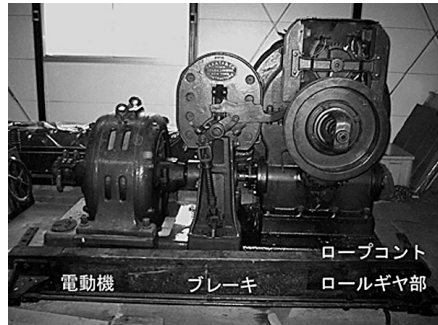


図4. 保管されている巻上機（減速機側のビュー）

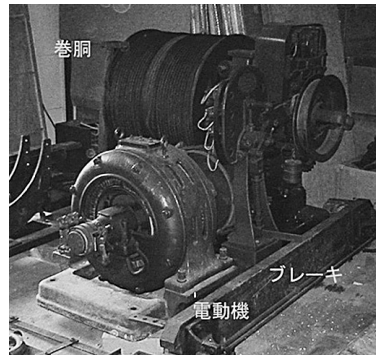


図5. 保管されている巻上機（電動機側のビュー）

機速度900rpmの時に20.7m/minとなり記録に残る24m/minに比べて10%強低い結果となったが、理由は解明出来なかった。

ウォームギヤ減速機の減速比が1:60と非常に高い比率が使われているのは、安全性の観点からウォームギヤ特有の自動締り特性を利用しているためと推定された。ウォームギヤではウォーム側からウォームホイールを回転させる場合を正駆動と呼び、減速することで非常に大きい力の伝達ができるが、ウォームホイール側からウォームを駆動する逆駆動の場合は、増速となり減速比の大きさにより駆動できる場合とできない場合があり、駆動できない状態を自動締り状態と言う。

自動締り特性を使うメリットは、万一電動機やブレーキに異常が発生してもエレベーター側の荷重によりエレベーターが下降することがないので機構的に安全が確保できることである。この特性は古くから手巻きウインチなどに欧米で利用されたものである。ただし欠点は減速比を大きくする

と正駆動時の動力伝達効率が大きく低下して、電動機容量が大きくなることであるが、安全性優先の観点から採用されたと考える。

## 2.2 電動機と主回路制御

電動機は誘導電動機で、図6に示すように反直結側の軸端にスリップリングがあり二次回路に外部抵抗を接続できる巻線型誘導電動機が使われていた。本品にはGE (General Electric 米) の銘板が付いていて、これから電動機は電圧220V60Hz、20馬力、8極、定格回転数900rpmと分ったが、製造年は記載が無かった(図7)。

配線類は取り外されているので正確なことは分からなかったが、保管品の中に二次抵抗制御に使われたと思われる抵抗器箱が2つ残っていることと後述のコンタクタ(接触器)数から、主回路結線は図8のような4段階に外部二次抵抗を短絡する制御方式であったと判断した。ただ抵抗器箱にはグリッド抵抗体が8個内蔵されていて全部で16個あるが、三相で4段階切替と考えると抵抗体は12個または15個が使われたものと思う。

この結果運転時は、運転方向に対応した一次巻

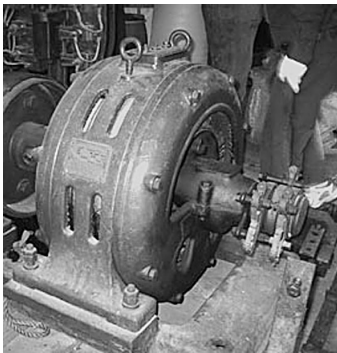


図6. 巻線型誘導電動機



図7. 電動機の銘板

線側の主コンタクタ up (上昇) または dn (下降) を使って電源の投入遮断が行われ、二次抵抗の制御コンタクタは全て開放されて外部二次抵抗は全抵抗が接続されて、誘導電動機は起動電流を適正に抑制しながら十分な起動トルクが確保されて起動する。同時にブレーキが開放され、次いで各制御コンタクタが c1 から c4 まで順次クローズされて、最終的には二次回路が短絡されて定常運転が行われる。停止時は主コンタクタが切り離されると同時にブレーキが作動して、制御コンタクタ c1~c4 が開放され停止する。

ところでドブロヴォルスキー(独)が世界ではじめて100Wの三相誘導電動機を作成したのが1889年であるから、それからわずか12年後の1901年製のエレベーターに20馬力誘導電動機が使われている事は注目に値するもので、この三相誘導電動機は歴史的に貴重なものといえる。今回の調査では手で回転できる事、巻線とフレーム間の絶縁が維持され地絡していないことを汎用テスターで確認した。絶縁耐力がどの程度あるかさらに電氣的に詳細検討が必要ではあるが、もしかすると電圧を下げることで回転できる可能性がある。

## 2.3 安全装置とブレーキ

安全装置類としては、落下防止の非常止め装置、ブレーキ、終端階自動停止装置の3種類が確認できた。

非常止め装置は図9の物が使用されていた。これはかごの枠構造の上部または下部に付いていた物で(かご枠部品はほぼ残っているので詳細に調べることで非常止めの位置は確かめられるが今回は確認していない)、非常時にはガイドとガイドレールの間に楔状の駒(図9では楔が右から左へ動く)が食い込み落下を防止できる。このエレベーターでは53mm巾の木製ガイドレール(貴重な実物が保管されている)が使用されていたのでガイドレールの中に対応した物となっている。しかし動作原理と構造は現在の鋼製のレールを使った非常止め装置とほとんど同じである。

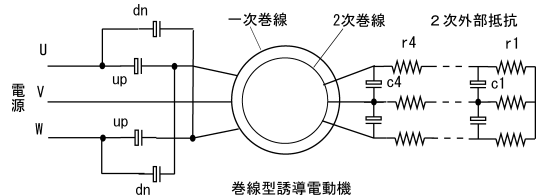


図8. 電動機の制御回路





図9. 木製ガイドレールに対応した非常止め装置

また保管品中に调速器（ガバナー）が確認できなかったので作動方式は、2:1ローピングのロープの緩みを検知して非常止め装置を作動させたと考ええる。

ブレーキはバンドブレーキ形式の物が使用されていた。図10はバンドブレーキの構造を説明する図であるが、ブレーキレバーを押し下げると軸Pを中心に動くので、C点で固定されたブレーキバンドがA、Bの部分で梃の原理により締め上げられる構造のものである。現在のエレベーターで使用されているドラムタイプブレーキあるいはデスクタイプブレーキに比べて制動力は弱い物であるが、先に触れたようにこの巻上機はウォームギヤ減速機の自動締め機能を前提にしているので安全上の問題は無いものである。

ブレーキを作動させる力は運転手の人力で、かご内からのロープを引いてオペレーティングプリー（以下OPプリーと略す）と呼ぶプリーを回して連動したブレーキカムにより行われる。

終端階自動停止装置は主ロープの過巻上げまたは過巻下げを防止するものである。原理は巻胴の回転量すなわちウォームホイールの回転量をチェックして、設計値を超えて回転しないようにする機械式停止装置である。図11はこの部分の写真でありウォームホイールの軸の先端に取り付けられている。図12は動作原理を説明するための概念図である。

図12においてウォームホイール軸に直結された回転軸はネジになっていて運転につれて回転するが、これにはエレベーターの全走行行程に対応したネジ山数の間隔を離して2つの固定ナットがある。その中間には回転可能な可動ナットがあり、

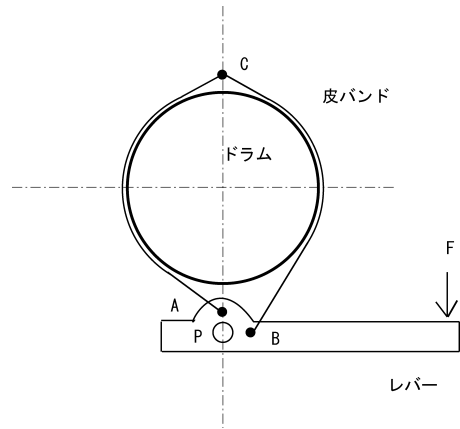


図10. バンドブレーキの構造

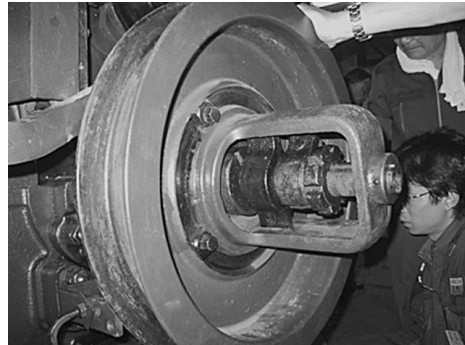


図11. 終端階自動停止装置

普段は可動ナットはOPプリーにスライド支持されているので、回転軸が回転するとネジにより左右に移動するが、最下階または最上階の位置では可動ナットが固定ナットに突き当たりロックされる。するとその点から固定ナットと一緒に回転するので支えているOPプリー全体が回転する。このため、万一運転手が停止操作を忘れたとしても、支持体であるOPプリーが強制的に回転され主コンタクトが強制的に開放されるので2つの固定ナットで設定した範囲以上の運転が阻止され、昇降路底部あるいは頂部にエレベーターが衝突することを防止できる極めて確実に分かり易い終端階停止装置である。

#### 2.4 ロープコントロール方式

エレベーターは駆動部分とかごが離れているので運転は遠隔で制御する事が必要になる。初期のものは電気信号がなかったので全て機械的に行われたが、その代表的な方式がロープコントロール

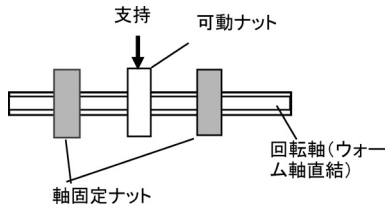


図12. 終端階自動停止装置の原理

であった。日本生命保険本店のエレベーターもこのロープコントロール方式が使われた。

ロープコントロール方式は操作レバーあるいはプーリに取り付けられた麻ロープがかご内を貫通して、運転時はこのロープをどちらかに強く引くことで制御器を動かして運転と停止を行う方式である。

図13は、1870年にニューヨーク市内のデパートに世界で初めて商業用として蒸気エレベーターが設置されたときのスケッチで<sup>9)</sup>、ロープコントロール方式の運転の様子を示している歴史的なものである。左に立っている運転手が両手で握っているのがコントロールロープでその端部は機械室の制御器に取り付けられている。このロープを上下に引くことで運転・停止を制御した。

図4の巻上機ではウォームホイール軸の延長上に大きな円盤が見えるが、これがOPプーリでこれに太さ12mmの麻ロープを巻き付けて操作された。図14はこのOPプーリを側面から見た写真で、OPプーリの大きさは直径380mm巾60mmで2箇所ロープを固定する穴があり（図ではその1つが見える）、これにロープの両端が固定されて、全体は重り付きの緊張車を使ってたるみ無くループ状に張られている。このため1本のロープを上下に引くことでOPプーリを左右に回転できる。

OPプーリはウォームホイール軸に直結された軸を中心に回転自由に取り付けられていてロープにより回転し、回転は何段かの歯車を介してそれぞれの動きをするようにできている。

OPプーリの回転とブレーキ及び起動コンタクタの動きを解明するために、実際にロープを巻き付けて調査した。その結果図15に図解した構造であることが判明した。

図15の中央は停止状態、左右が運転状態で、此处では時計回転を上昇運転、反時計回転を下降運転と仮定して説明する。

中央に示した停止状態の位置から、OPプーリ



図13. ロープコントロールの運転の様子

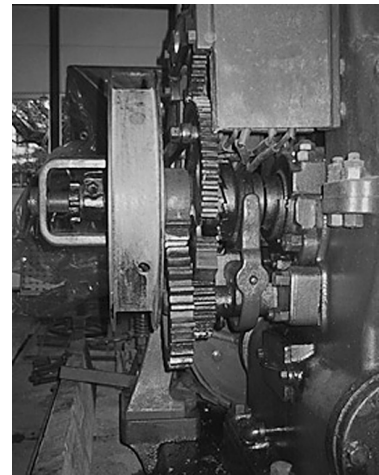


図14. OPプーリ部の横からのビュー

を時計方向に回転させると、主コンタクタはOPプーリと噛合う上部歯車を介して右側の主コンタクタが選択的に投入される。同時に特殊形状に加工されたブレーキカムが左に移動するので、ブレーキリンクL2がc点を中心に回転してブレーキリンクL1が上方にストロークDb分だけ移動してブレーキが開放される。同時に制御レバーLcの先端がブレーキカムにより下方にストロークDc分だけ下がり、この動きにより起動抵抗を短絡する様に設定されている。制御レバーLcの先端には回転ローラがついていて、カムの形状に沿って円滑に

動くようになっている。

停止時はOPプリーを反時計方向に戻すとブレーキカムが図15の中央の図rに復帰して停止する。

図16はこの様子を実際の機構の動きで示したも

のである。上段の2枚の写真が停止時の様子、下段の2枚が起動と運転状態を示している。OPプリーの動きに従って上部の主コンタクタが開閉し、ブレーキリンクL2がブレーキリンクL1を押し下

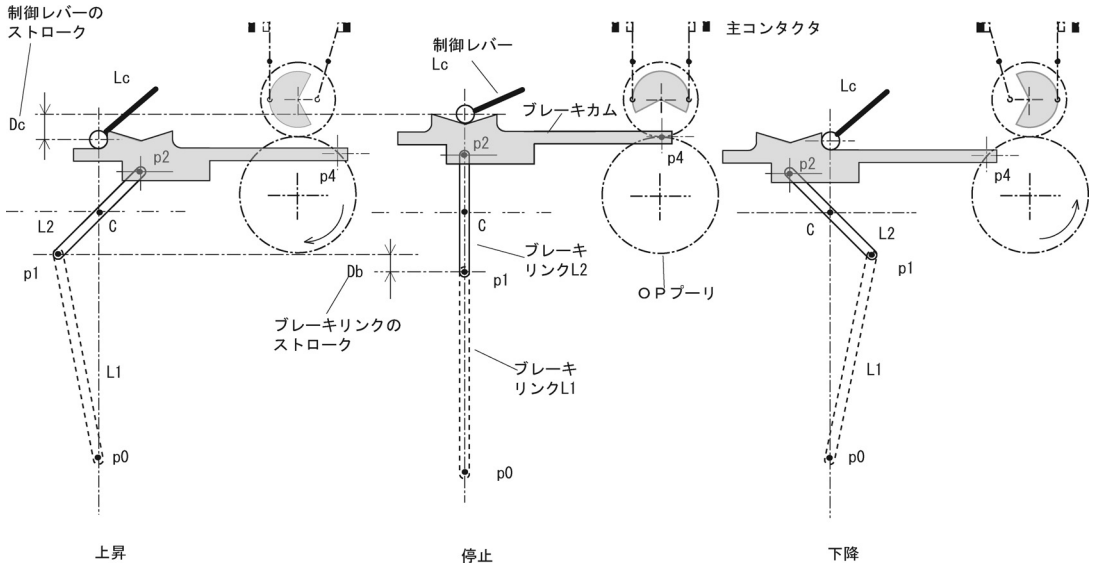


図15. OPプリーと運転動作説明

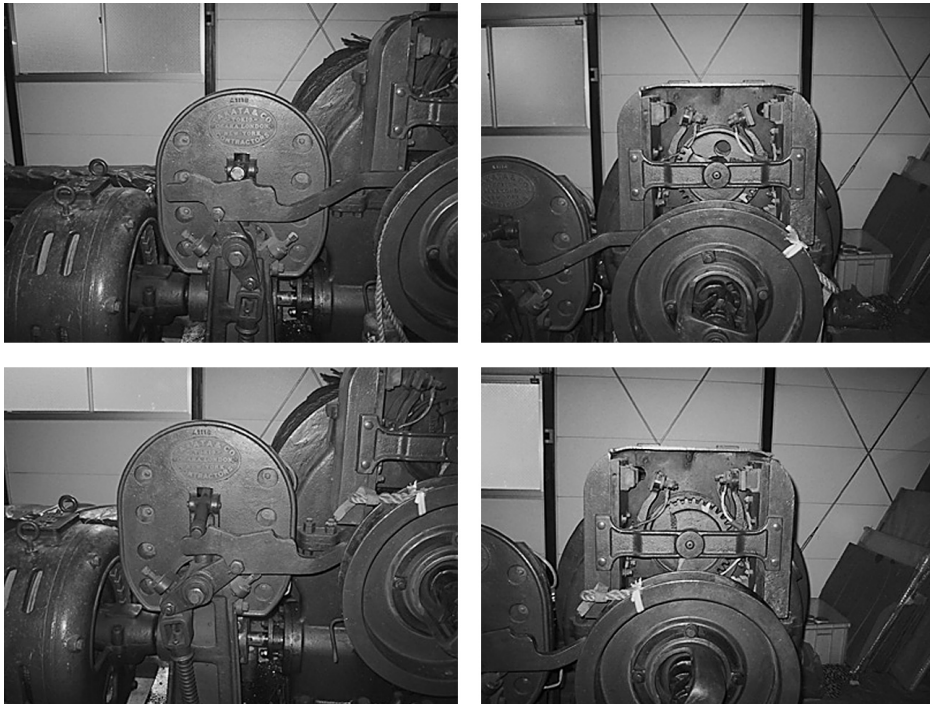


図16. OPプリーとブレーキカムの実際の動き



げたり引き上げたりしている様子を見ることが出来る。

なお、図14のOPプーリの背面にウォームホイール軸の動きを伝えるワンウェークラッチがあるが、このクラッチの目的と機能は今回の調査では解明できなかった。

図17、図18は、制御コンタクタ部の正面と背面の起動コンタクタ群を示した。制御レバーLcは貫通して背面の起動コンタクタ群を平板カムにより作動させている。起動コンタクタ群にはダッシュポットがついていてコンタクタのタイミング調整ができるようになっている。

このようにロープコントロール方式は全ての動きを、歯車とカムを使って機械的に構成されている事から大変に信頼性が高く、経年劣化も無く100年後の今日においても正常に動くことが確認された。

実際にOPプーリを回転させてみるとかなり大きな力が必要で有った。おそらく当時の運転手はロープの操作には自分の体重を懸けながら操作したと思われる。

図19はご床部に取り付けられたかご内のオペレーティングロープガイドの写真である。大きさは、高さ190mm、ロープ穴径25mmであるが、図13で示した歴史的スケッチに描かれた実物が今に保管されていたわけで非常に希少な品であるといえる。

## 2.5 エレベーター銘板

これまで本エレベーターは文献りを初めとして米国のオーチス・エレベーター製であるとされてきたが、今回日本生命保険会社の社報第1号を見ることができ、その中に「英国のオーチス会社製の昇降機」と明記されていることが分かった<sup>8)</sup>。購入当時のしかも購入者の記述であることからこのエレベーターは英国のオーチス・エレベーター製であるとするのが正しい。

ところで不思議なことは、機器類にはオーチス・エレベーター製を示す銘板がないことである。本エレベーターはすでに述べたように巻上機と制御器が一体とであるので、どこかに製造者を示す銘板、あるいは鋳物の本体に浮かし彫りのメーカー名があると期待していたが其れが無かった。

代わりに、巻上機の制御コンタクタ取り付けプレートの正面には「TAKATA & CO」の銘板が取り付けられていた。これは当時国内の大手の商社「高田商会」を意味し、この高田商会がエレベ

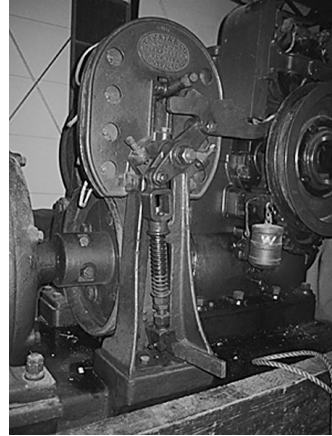


図17. 制御コンタクタ部の正面

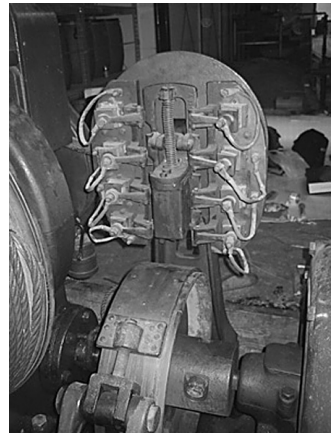


図18. 制御コンタクタ部の背面

ーターを輸入して設置をしたと理解できる。おそらく銘板に見られる「TOKIO, OSAKA, LONDON, NEW YORK, CONTRACTORS」記載から、契約によりこのような銘板がオーチス・エレベーターに代わって使用が認められていたものと考ええる。

## 2.6 その他

今回の調査で、つり合おもりとそらせ車が見つからなかったが、これらは木幡町倉庫から撤去後、科学博物館に寄贈される段階で、処分されてしまったと思われる。

## 3. 類似マシン

「ロープ式エレベーター技術発展の系統化調査」で、今回の巻上機に次ぐ古い巻上機が横浜市





図19. オペレーティングロープガイド

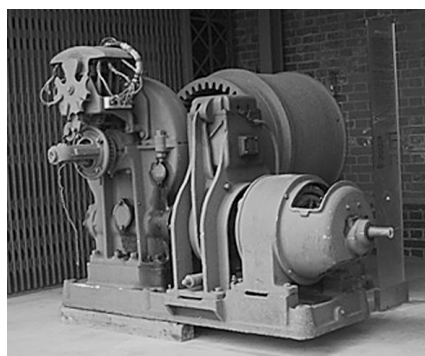


図20. 横浜赤レンガ倉庫展示の巻上機

レンガ倉庫に保管展示されている事を知った。本機は1911（明治44）年に竣工した横浜税関局の赤レンガ倉庫に設置されたオース・エレベータのエレベーター5台の内の1台でローピングは1:1、直流電動機を使った巻胴式巻上機であった。

横浜市は赤レンガ倉庫を保存改造文化施設として国から購入して、平成14年にその一部としてこの巻上機を公開展示しているもので<sup>7)</sup>、今回の日本生命保険本店のエレベーターより10年後の機械であるが非常に良く似ているので、参考に写真を示した（図20）。

技術的に進歩していて、調速器（ガバナー）とドラム式電磁ブレーキで安全を強化することで自動締め機能に頼らない設計となっている。具体的には、巻胴の内側に44枚対14枚の平歯車減速機構を組込むことで、ウォームギヤ減速比を1:26にして動力伝達効率が大幅に向上する領域を選び、電動機容量を10馬力に低減している。

その他このエレベーターは電気信号を使った制御方式のためにOPプーリ他の歯車機構は使われていないが、終端階自動停止装置は信頼性が高いので機械式のままに残されている。

この巻上機の保存状態は悪く、部品の破損と防錆のための大量の塗料により回転部が固着していて動かすことはできない。しかし日本生命保険本社の巻上機と共に重厚で信頼感の持てる当時のアメリカの設計力を感じることはできる。

#### 4. ま と め

日本におけるエレベーター技術の黎明期の設計思想と制御方法を解明するために、新宿分館に保管されている1901年製エレベーター巻上機の調査を行った。

調査の結果、当時の設計思想は、安全性を機械的な原理と機構を基本にして確保していたことが分かった。このために自動締め機能を生かすために機械の伝達効率の低下もあえて容認するものであった。

エレベーター制御方法の最も古い形とされるロープコントロール方式は、かご内からのロープ操作のみで運転方向選択、電動機の起動とトルク制御、停止等を歯車の組合せと巧みな形状のカムを使って全て機械的に処理している事を確認した。

その他、巻上機全体として破損や発錆がなく、手動にて回転ができるなど保管状態は大変に良好で、稼動可能なエレベーター巻上機として国内最古級の製品であり、初期のエレベーター技術を伝える上での貴重な記録品であると考え、特にロープコントロールのギヤ類の状態は良好で、小さな駆動モータを使って動きが観察できる動態展示も可能であると判断する。

また巻線型誘導電動機は、世界初の三相誘導電動機が発明されてからわずか12年後にしかもアメリカで製作された物である事から、電動機の技術史の上から貴重な遺産と言える。若し、慎重に絶縁体の診断をした後に定格の数分の1程度の電圧を加えて回転させる事ができれば貴重な動態遺産となると考える。

最後に、日本オース・エレベータ社の上坂逸

朗氏と同氏の知人である古財清明氏と山田博美氏，元日立ビルシステム社の宮内明朗氏から現品調査に当たったの協力をいただいたこと，日本生命保険相互会社の佐々井学氏から日本生命保険本店創建時の資料を頂いたことにこの場を借りて謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 堀覚太郎，1928. 「建築学会パンフレット第2輯第1号エレベーター」. 建築学会，10-12.
- 2) 渡部 功，1990. 「日本におけるエレベーター百年史」. 日本エレベーター協会，13-20.
- 3) 三井宣夫，2007. 「ロープ式エレベーター技術発展の系統化調査」. 「技術の系統化調査報告9」 国立科学博物館，65-69.
- 4) 日本生命保険相互会社，1992. 「日本生命百年史」. 日本生命保険相互会社（非売品），229.
- 5) 三菱電機株式会社，1991. 「三菱エレベーター・エスカレーターの歩み」. 三菱電機株（非売品），51.
- 6) 日本オーチス・エレベーター株式会社，1971. 「エレベーター・エスカレーター物語」. 日本オーチス・エレベーター株（非売品），16.
- 7) パンフレット，2001. 「横浜市赤レンガ倉庫の展示マシン説明文」. 横浜市港湾局臨海事業部.
- 8) 日本生命保険相互会社，1902. 「社報第1号」. 日本生命保険相互会社（明治35年5月）（非売品），35.