

易しい科学の話  
2019・2・20

# エレベーター、エスカレーターの技術

吉岡 芳夫

# はじめに

- ビルの高層化      スピード
- 乗り心地      加速度制御、揺れ防止、気圧変化
- 着床誤差      段差、隙間（クリアランス）
- 安全性      ドアの開閉、落下防止、  
閉じ込め回避
- 待ち時間      群管理法
- 意匠
- 基本技術      駆動制御技術、モーター、  
ロープの強度、電力回生

# 目次

- エレベーターの仕組みとは？
- エレベーターの変わり者
- どのように技術は発達したの？
- 最初のエレベータ、
- ヨーロッパの古いホテルのエレベータ
- 規格型エレベータ
- 安全装置
- 省電力
- 高速エレベーター
- エスカレータの仕組み
- 変わり種のエスカレーター

# 1835年 英国のエレベータ

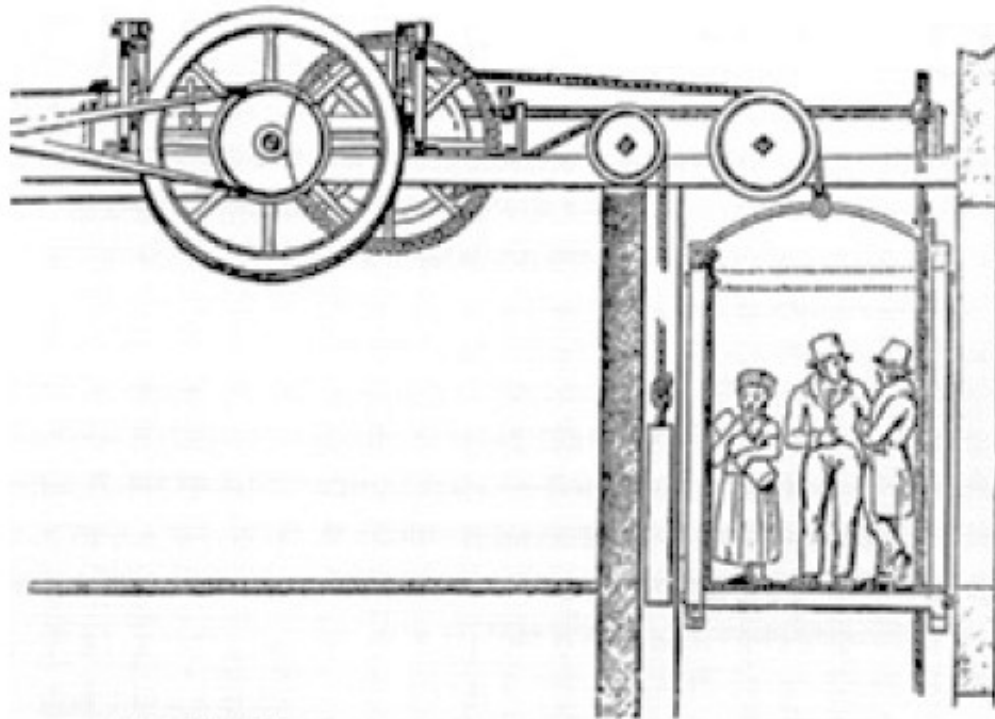
## ロープ式エレベーター技術発展の系統化調査

*Historical Development of Rope Type Elevator Technology*

2

三井 宣夫

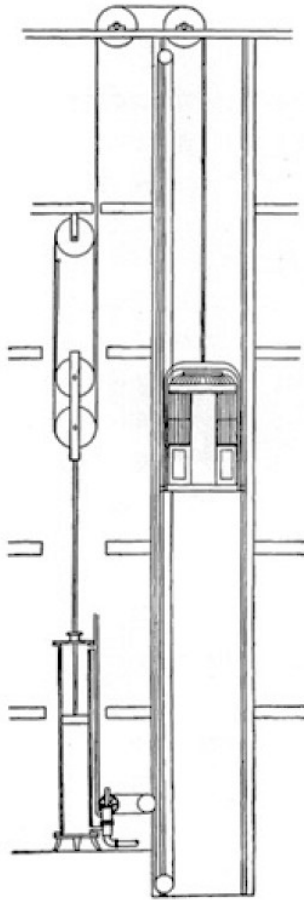
*Nobuo Mitsui*



The Teagle

図2.3 ティーグル：1835年に英国で製作された動力エレベーター

# 水圧式エレベータ



滑車で、力を4倍に増強

日本最初のエレベータ(荷物用)は、  
1875年 王子製紙の十条工場に設置  
水圧式だった。

図2.6 水圧式によるエレベータ (4倍増速の例)

# 日本最初の乗用エレベーターは、 1890年浅草の凌雲閣



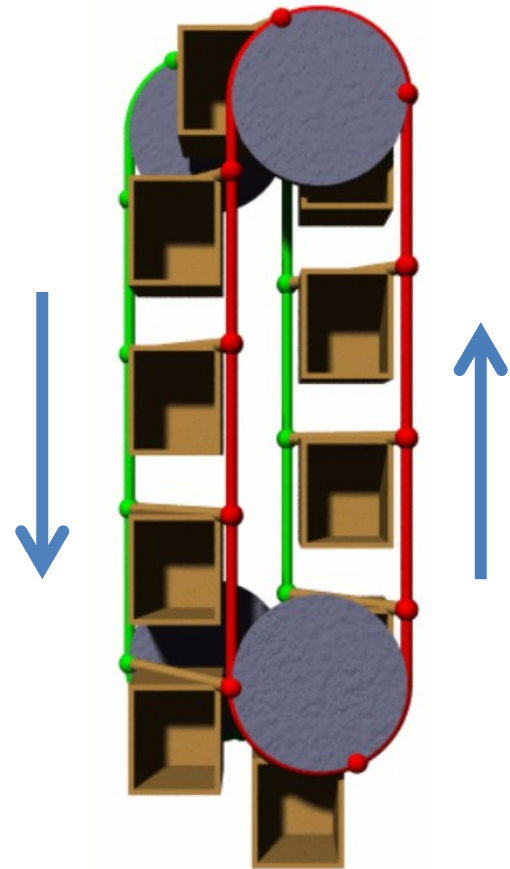
凌雲閣

図21 凌雲閣

8回までのエレベータ。  
2基。

開館予定日は、11月10日。  
この日を、日本エレベータ協会が  
エレベーターの日と制定した。

# ヨーロッパの古い建物にある 「パーテルノステル」というエレベーター



内扉も外扉もない複数の乗り物かごが常に循環していて、利用者はかごが来たら飛び乗り、降りる階になったら飛び降りる。

# ヨーロッパの古いホテルのエレベーター

## 動かし方

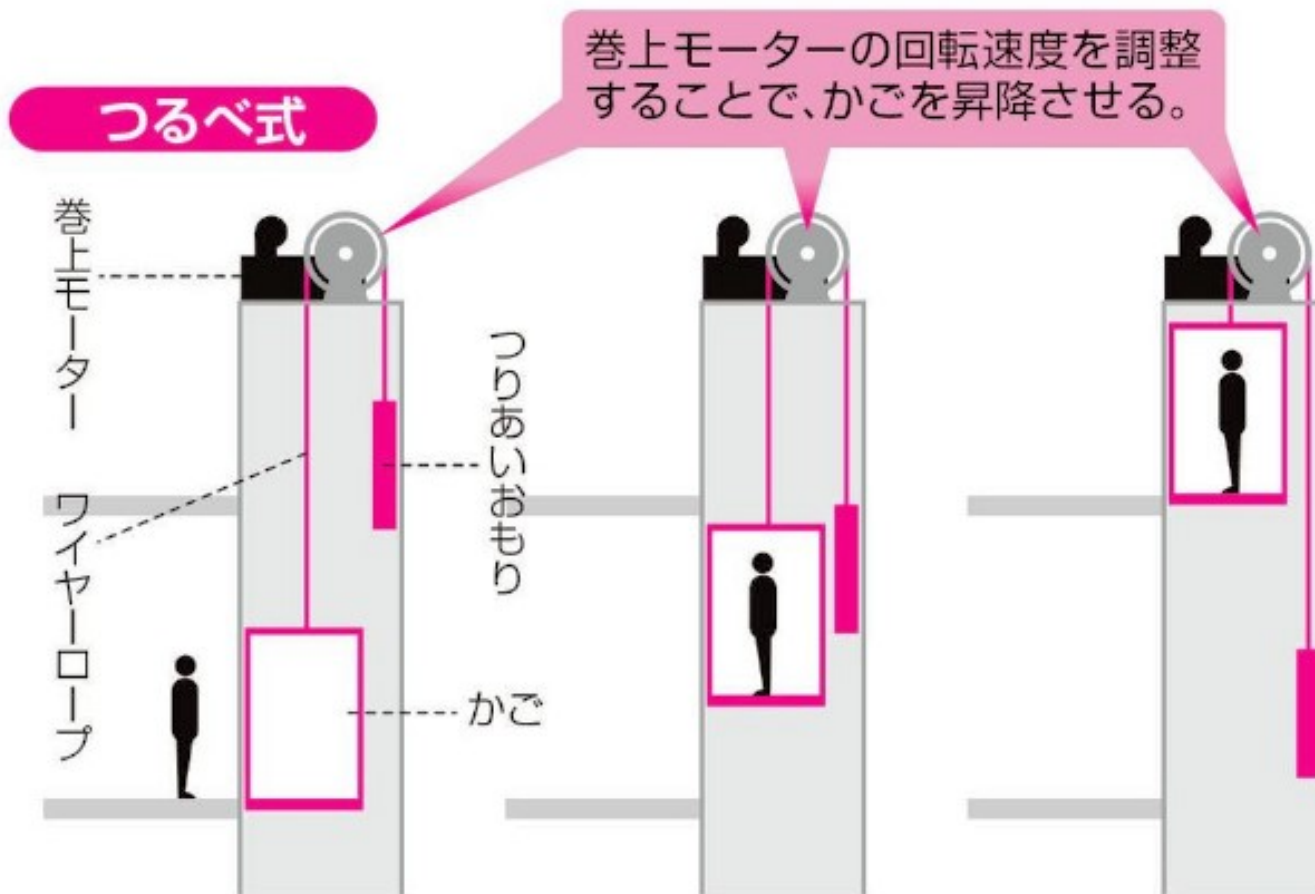
1. ボタンを押してエレベーターを呼ぶ
2. エレベーターが自分のフロアに到着
3. 扉を手で押して中に入る
4. 行きたいフロアのボタンを押す
5. ガチャという音がしたら到着の合図
6. 入った時と同じように、手で扉を押して外に出る

エレベーターが動き出したら到着するまで  
出入り口の部分に手を触れてはいけない。  
なにせ、そこは剥き出しになっているのだから。





# エレベーターの仕組み



日本の多くのエレベーターがこのしくみ。おもりとつり合いを取るため、省エネでモーターも小さくてすむ。

# エレベータは、シーソーに似ている

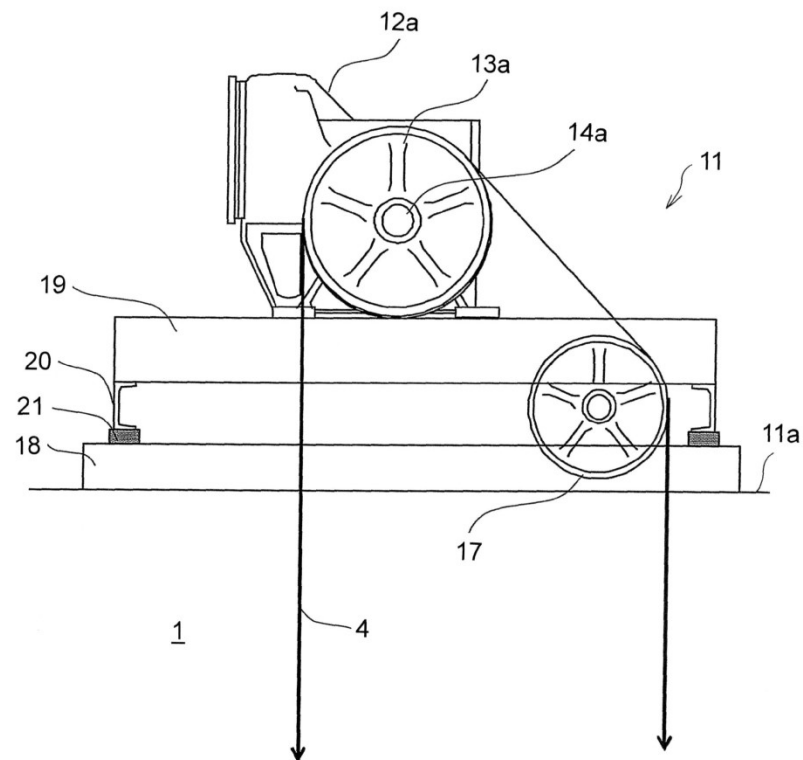


左右バランスが取れていると、女性を持ち上げるのにあまり力がいらぬ！

# エレベーターのかごを上からのぞく



# エレベーターの巻き上げ機

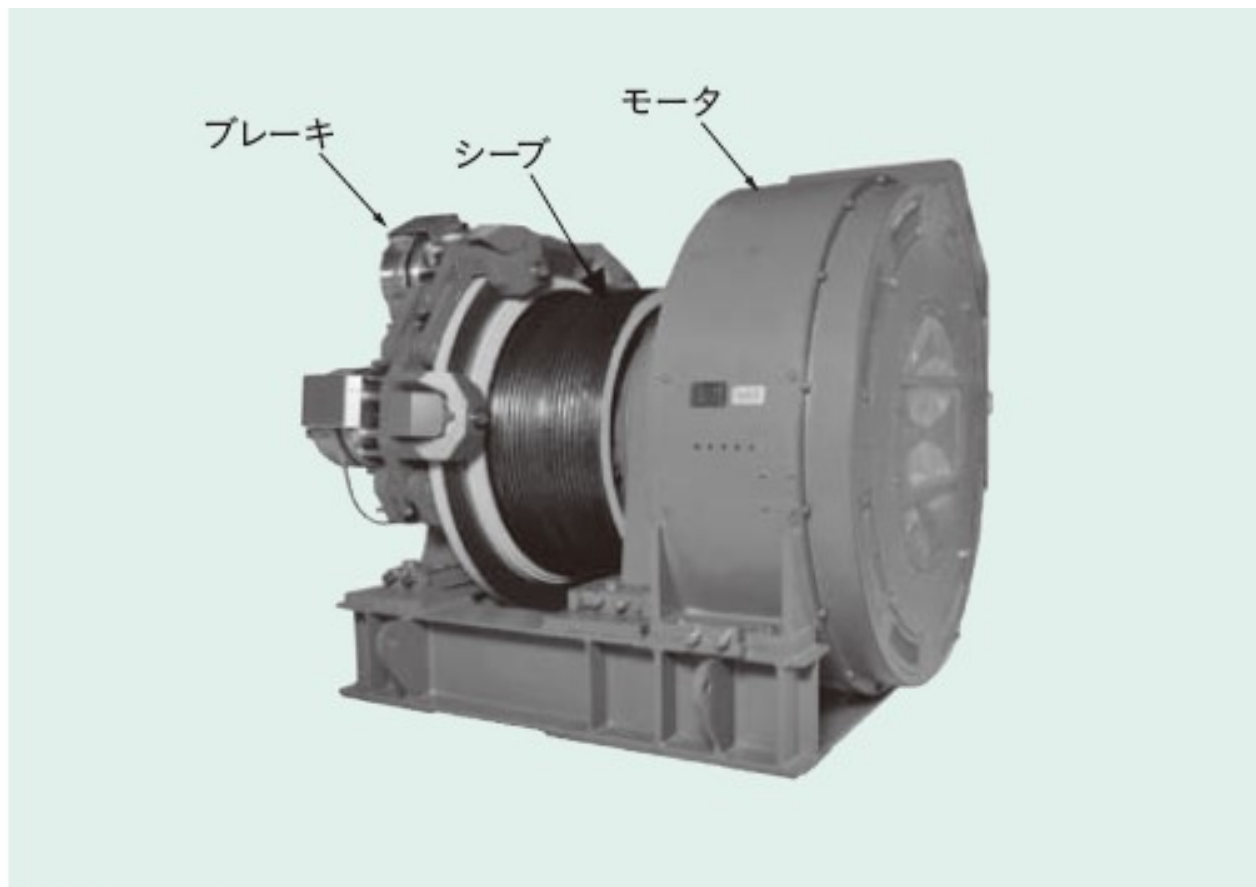




巻き上げ機は、  
エレベーターの最上部の  
機械室に設置される。

# 日立高速エレベーターの巻き上げ機

2016年12月号 日立評論より

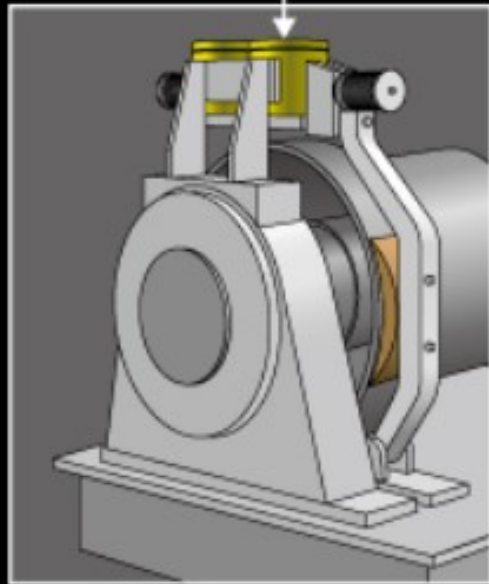


**図3 | 330 kW永久磁石モータ巻上機**

大径分割鉄心構造の永久磁石モータと高強度ワイヤを用いたロープ、耐摩耗性を向上したシーブの開発により、大出力と省スペース性の両立を実現した。

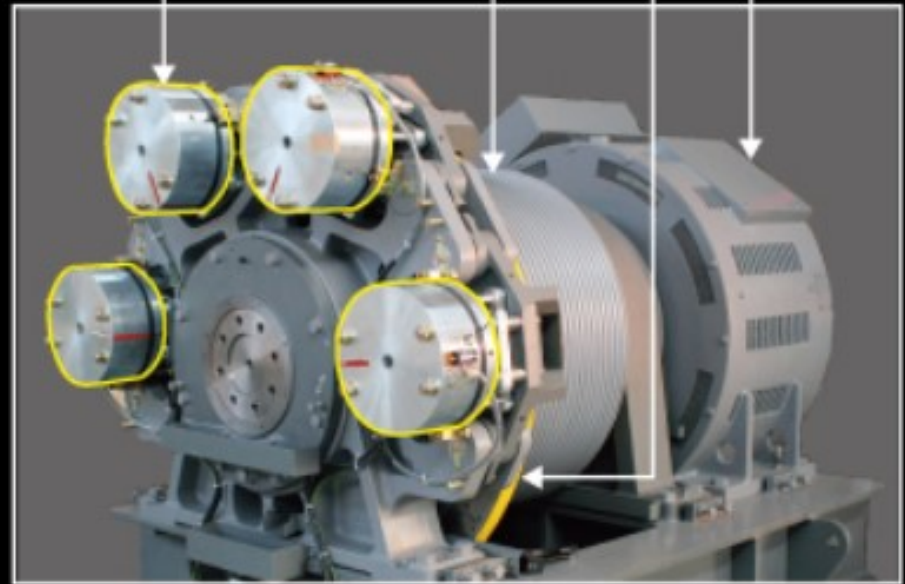
# ブレーキ

ブレーキ電磁コイル



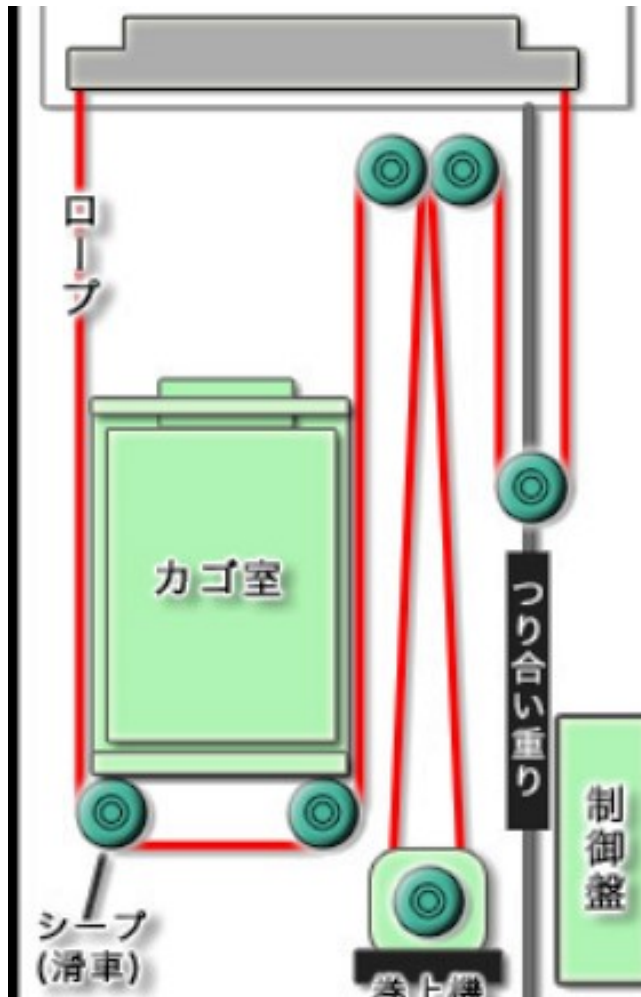
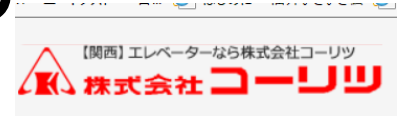
従来のドラム式ブレーキの巻上機

網車(シーブ) ブレーキディスク  
ブレーキ電磁コイル PMモータ



多重ディスク式ブレーキの巻上機

# こんな仕組みもある



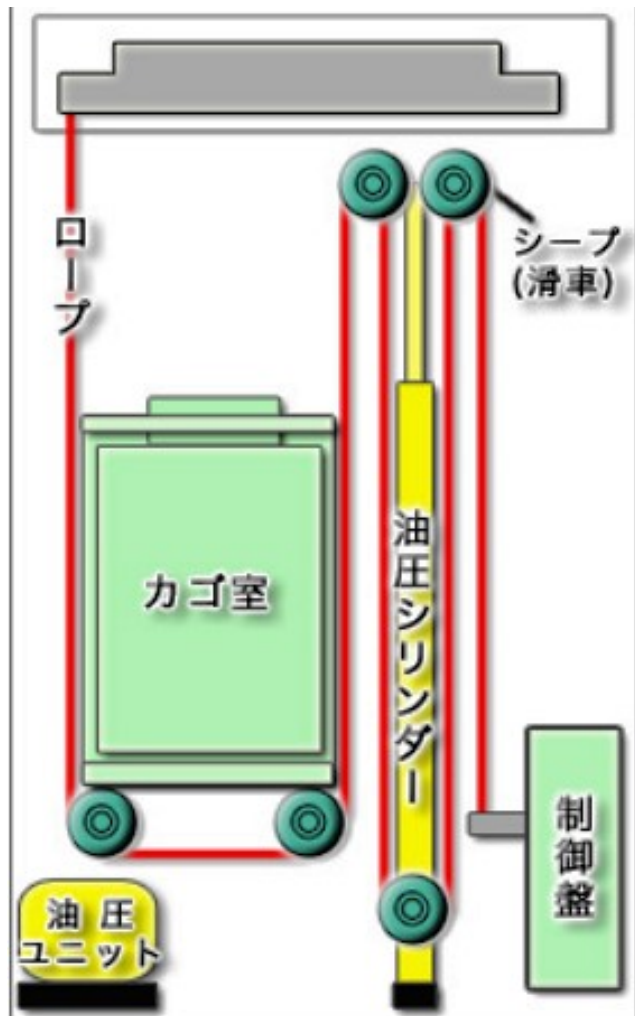
## ロープ式エレベーター

昇降距離が長く、比較的、速い速度が必要な、中高層建築物に適している。

巻き上げ機を地上レベルにおけるのが特徴。



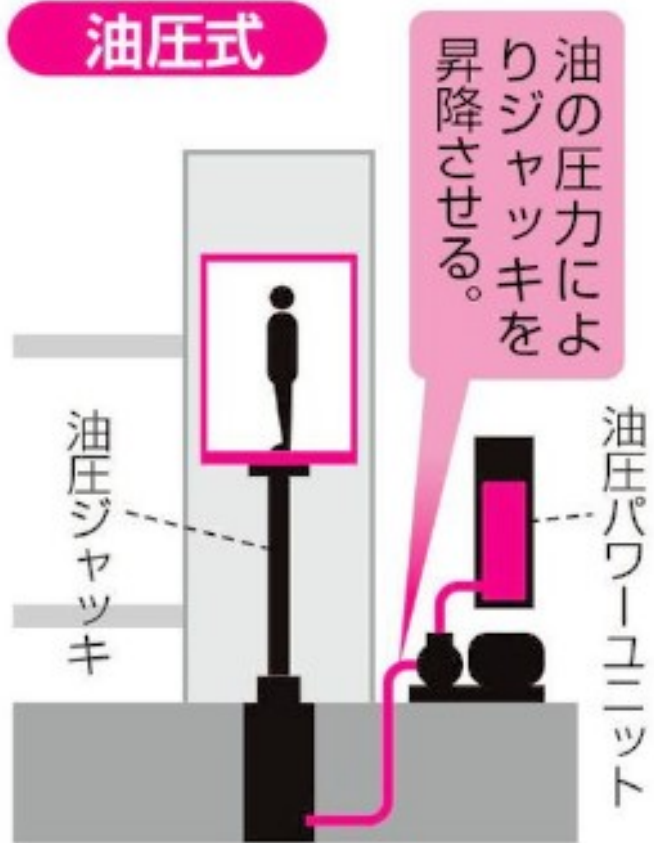
# ロープ式エレベーターで、油圧駆動



モータの代わりに、  
油圧装置を使って  
かごを動かす。

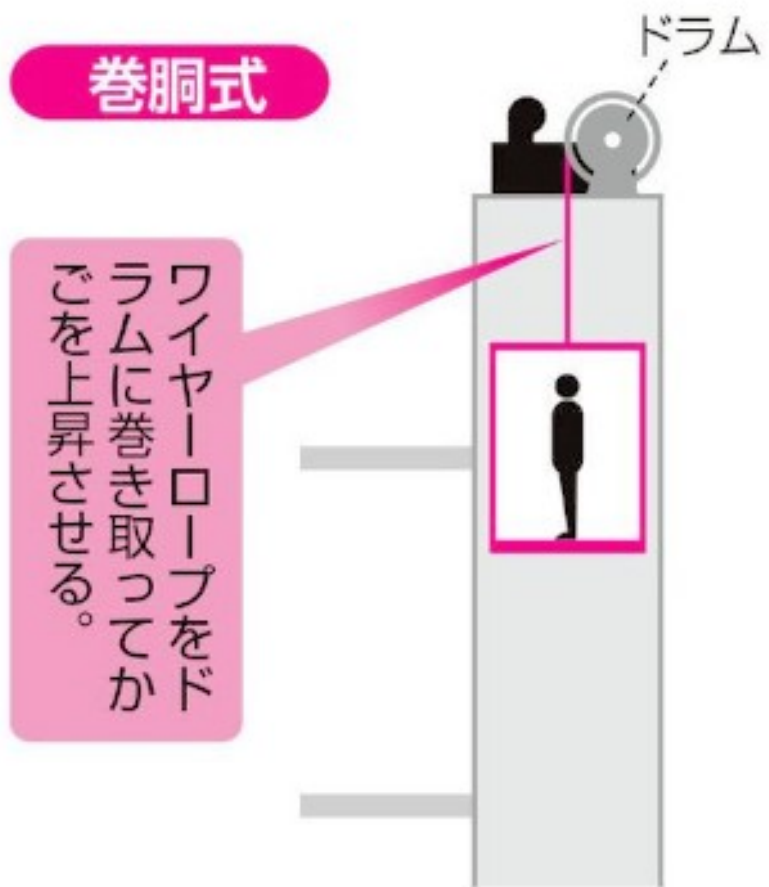
# こんなエレベーターもある

## 油圧式



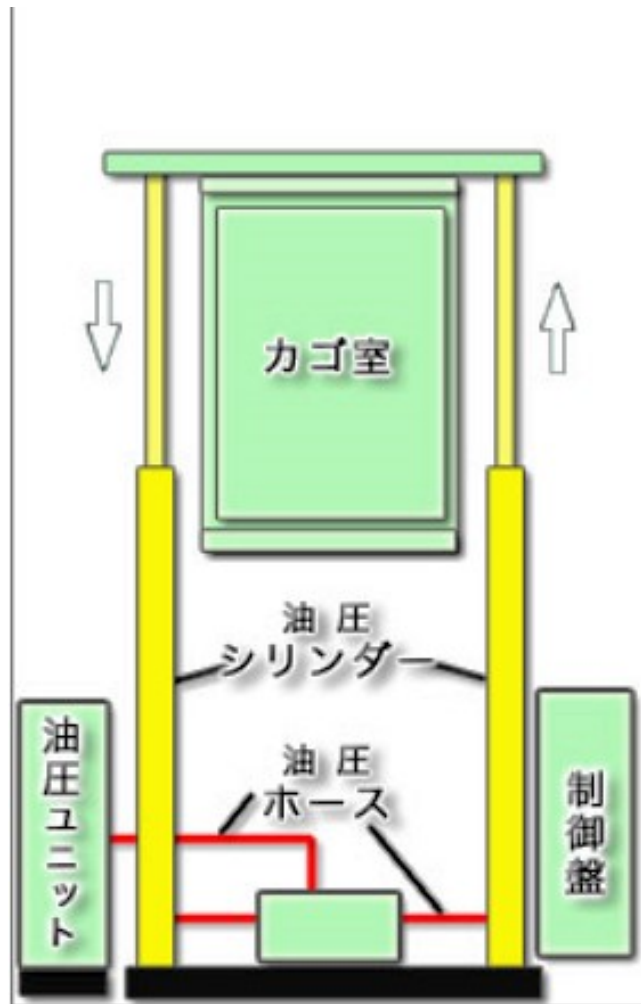
低層階の荷物運搬によく利用される。

## 巻胴式



構造が単純なので、低層階小規模向け。

油圧シリンダーを使って直接かごを上下させる。



特徴

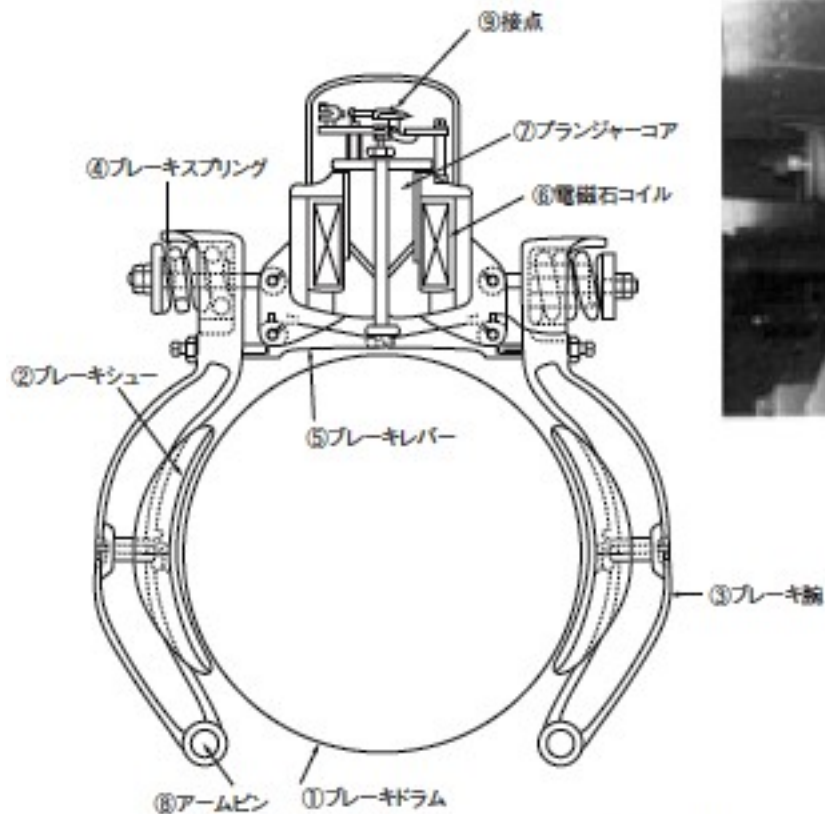
機械室を、上部に作らなくてもよい。

スピードは遅い。

# エレベーターの安全装置

- 電磁ブレーキ
  - カゴを所定の位置に停止させ、その状態を保持させる装置です。
  - 電磁石を使い、電気を通さないときブレーキがかかり、電気を通すとブレーキはずれるようになっている。
- 調速機
  - カゴが異常加速した場合、振り子の原理により作動させ、カゴを停止させる装置(非常止め装置)です。ガバナともいいます。
- 非常止め装置
  - カゴの降下速度が著しく加速すると調速機が検出し、レールを強い力で挟んでカゴを停止させる装置です。

# エレベーターを所定の位置に 停止させるブレーキ



車のブレーキのようなもの

図3.20 電磁ブレーキの構造

# 安全スイッチ

- ファイナルリミットスイッチ
  - 行き過ぎ制限スイッチともいわれ、正規の減速装置が故障等で作動しなかった場合、カゴが行き過ぎないうちに減速停止させる装置です。
- ゲートスイッチ
  - カゴのドアが完全に閉じなければ、運転回路を構成できないようにするスイッチです。また、運転中にカゴのドアが開くようなことがあれば、スイッチの接点が開いてカゴを直ちに停止させます。

# 地震発生時などで閉じ込め

- 対処法
  - すべての階の停止ボタンを押す
  - インターホーンで外部と連絡
  - 家族、知人などの携帯電話で閉じ込めを伝える。
  - 外の声が聞こえるとき、ドアをたたいて知らせる
- 禁止（やってはいけないこと）
  - ドアのこじ開け
  - 天井からの脱出

# 最新のエレベーターの地震対策

- 緊急地震速報より、詳しいデータを取得する地震計を内蔵。大揺れの前に地震を検知
- 地震発生をアナウンス
- 最寄りの階に緊急停止
- 直下型にも対応。



# 非常用エレベーター

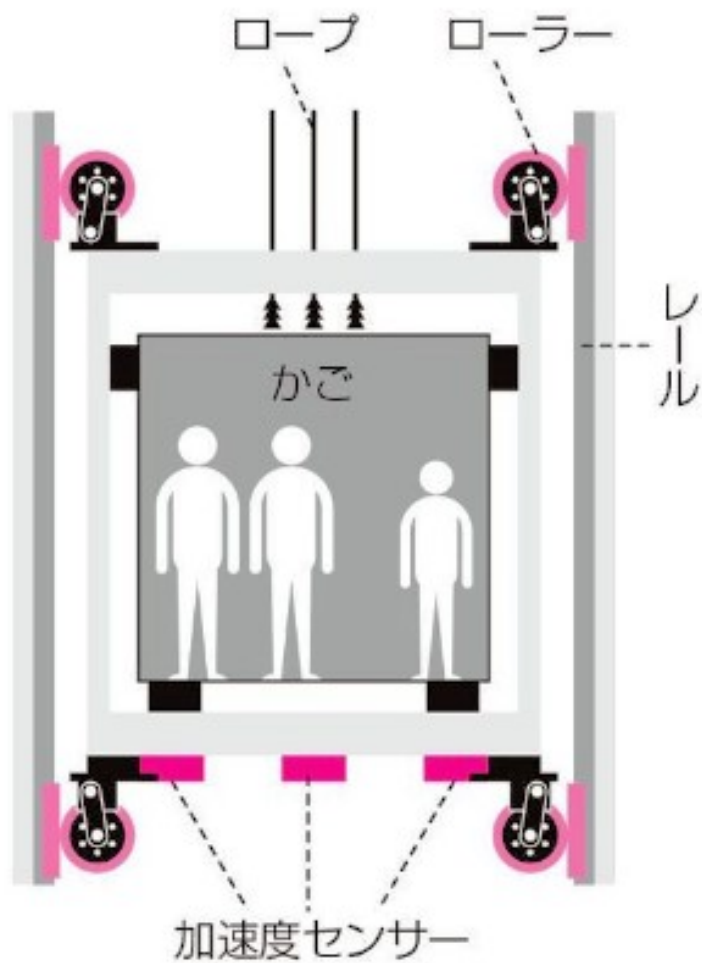
- 火災時に消防隊が消火作業および救出作業に使用するエレベーター。
- 建築基準法により、高さ31mを超える建築物に設置することが義務づけられている
- 高発泡消火器と消防2小隊を運ぶことができる最小寸法ですので、間口、奥行、高さ、出入口各寸法および積載とも、すべて下表の寸法以上

積載	1,150kg以上
定員	17名以上
かごの内法寸法	間口:1,800mm以上 奥行:1,500mm以上 高さ:2,300mm以上
有効出入口	幅:1,000mm以上 高さ:2,100mm以上
定格速度	消防隊の乗込階から最上階まで1分以内で到着できる速度 (ただし60m/min以上)

# 定格速度

- 定格速度とは、カゴに積載荷重を作用させて上昇する場合の毎分の最高速度のこと。
  - (1) 低速は分速45メートル以下
  - (2) 中速は分速60～105メートル
  - (3) 高速は分速120メートル以上
  - (4) 超高速は分速360メートル以上となっている。

# エレベーターの揺れ防止



加速度センサーが揺れを検知すると、コンピューターはローラーがレールを押しつける力を制御する。

横揺れは、レールの曲がりから生じる。  
加速度計は、かごを動かそうとする力に比例。  
その力をゼロにするようにローラを動かす。

# 日立のエレベーター、世界最速奪還 分速1260メートル

🕒 2017年06月02日 17時38分 公開

[ITmedia]

🖨️ 印刷

🐦 41

f 0

B! 3



**PR** [より賢い、より良い、より短時間での商談成立を支援するCRM](#)

日立製作所は6月2日、中国・広州市で建設中の超高層複合ビル「広州周大福金融中心」に導入予定のエレベーターが、速度試験で世界最速となる分速1260メートル（時速75.6キロ）を計測したと発表した。



日立のエレベーターが世界最速を記録した

# 超高速エレベーターの技術

- 薄型かつ大出力の永久磁石モーターを採用
- 高強度かつ軽量なロープを導入
- 300度以上の摩擦熱に耐える素材を使用したブレーキを搭載(安全な停止が可能)
- 独自の気圧制御技術を実装
- 高速エレベーター特有の「耳詰まり感」も緩和

ビル(中国)は、地上630m強

## 分速1,260mエレベーターの特長

### 1. 分速1,260mを実現する駆動・制御技術

- 大出力と、薄型化を両立した永久磁石モーターを開発。
- 高強度かつ軽量化した主ロープの活用により、巻上機の小型化を実現。
- 昇降機用として世界最大級容量\*2のインバーターを搭載した、省スペース制御盤を開発。

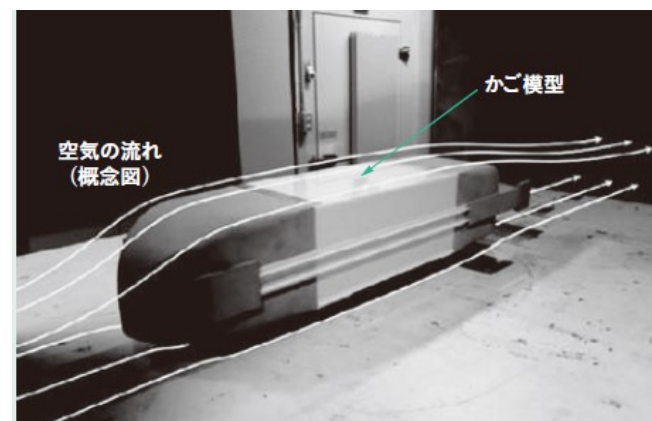
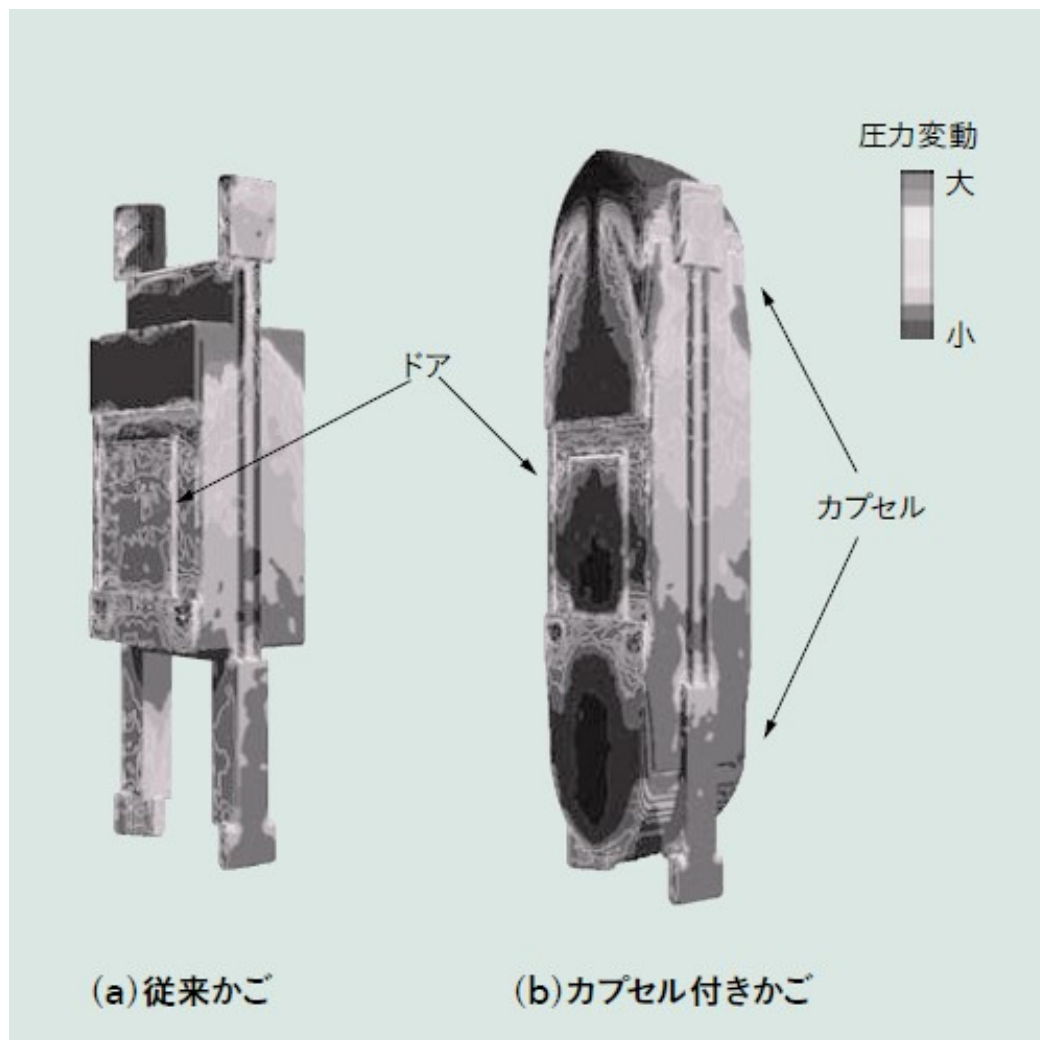
### 2. 超高速走行を支える安全性

- 耐熱性に優れた制動材を採用したブレーキ装置を開発。
- 上昇時と下降時\*3異なる定格速度に1台の調速機で対応し、安全確保と省スペース化を両立。

### 3. 長い昇降行程も安心して利用できる快適性

- 高速走行においても快適な乗り心地を提供するため、振動を減衰させるアクティブガイドローラーを開発し、かごの上下、左右の4箇所を設置。
- 気圧の変化に緩急をつける日立独自の気圧制御方式を開発し、耳閉感を緩和。

# かごも流線形になっている



空気抵抗を下げる。  
風切り音を抑える。

# 気圧変化を模擬する装置

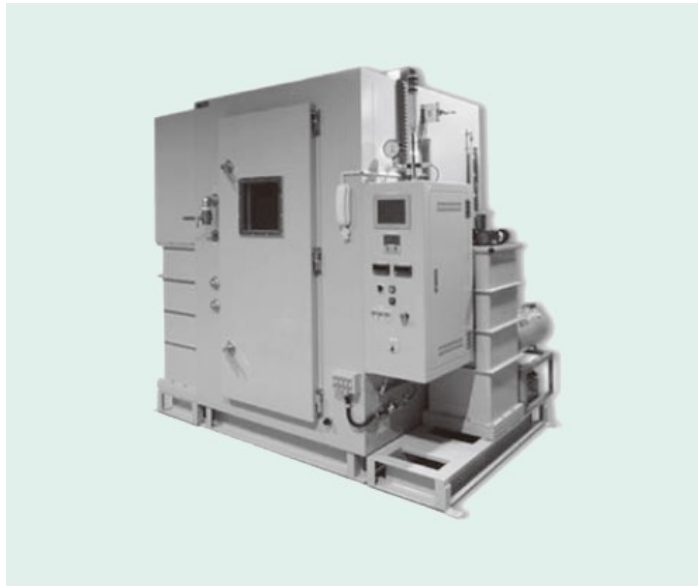
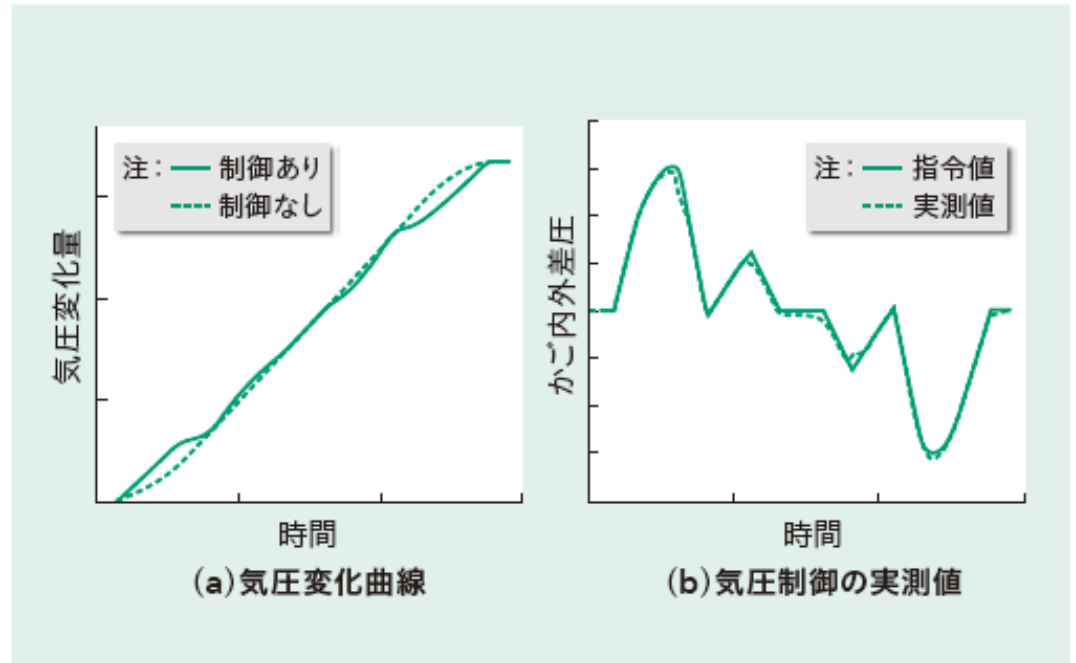


図13 | 気圧シミュレーター

超高層ビルのエレベーター気圧変化を模擬できる装置を示す。



500mを超えるビルで、不快感が発生する。  
耳閉感は、効果の時の方が大きい。  
不快感を避けるため、かご内の圧力を、制御する。



# オイルバッファ

2016年12月号 日立評論より

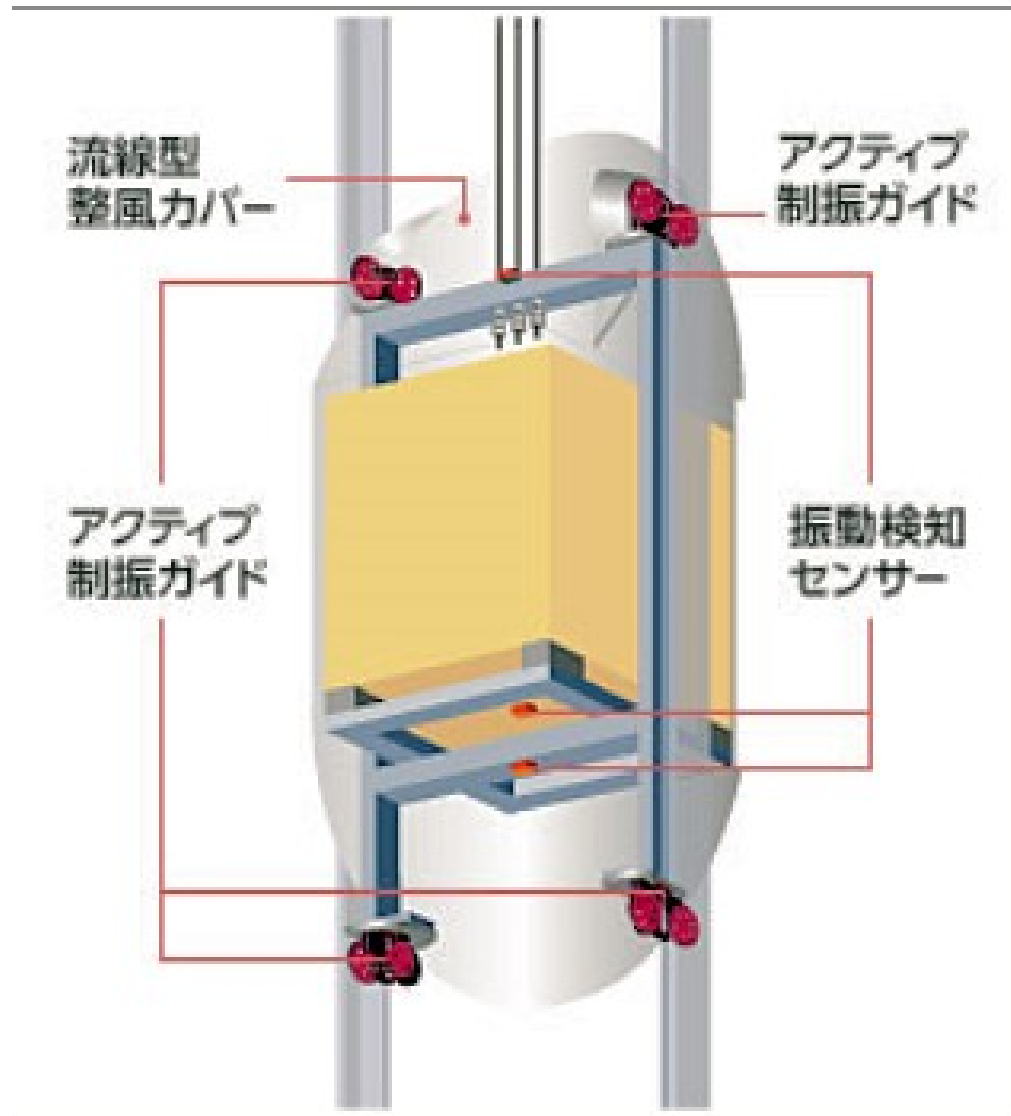


かごが落下した時の  
緩衝装置

図16 | 分速1,200 mエレベーター用オイルバッファ

4段式のテレスコピック式オイルバッファの開発により、ピット寸法を約9 m短縮した。

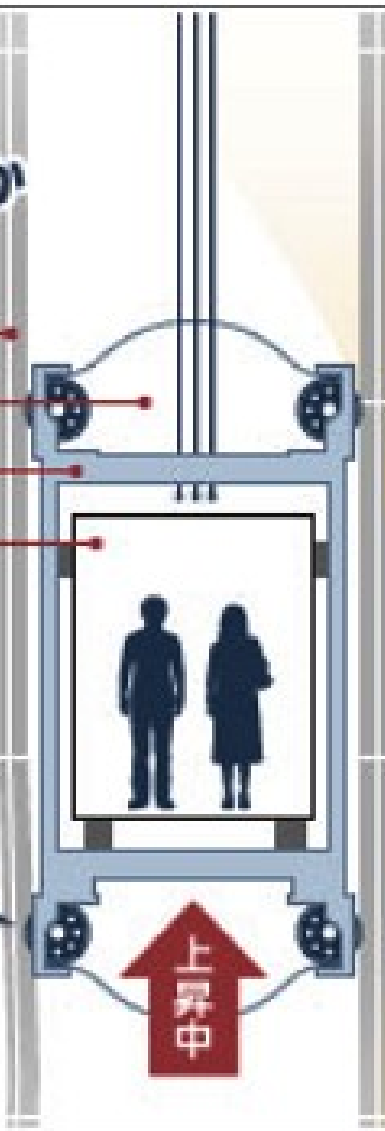
# 三菱電機の技術



# なぜ？ 横揺れは起きるのか

- レール
- カバー
- かご枠
- かご室

レールの曲がりや  
つなぎ目などによる  
横揺れ



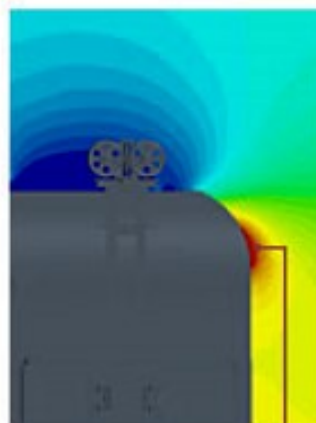
風圧

すれ違い時の  
風圧による  
横揺れ

## 従来の整風カバー

気流速度が急激に変化

騒音を発生

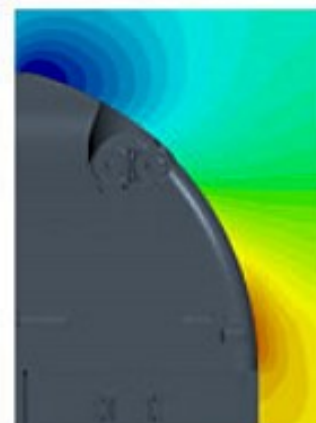


赤色が強いほど、気流速度の変化が大きく、騒音源になる

## 流線型整風カバー

気流速度の変化が滑らか

騒音を低減

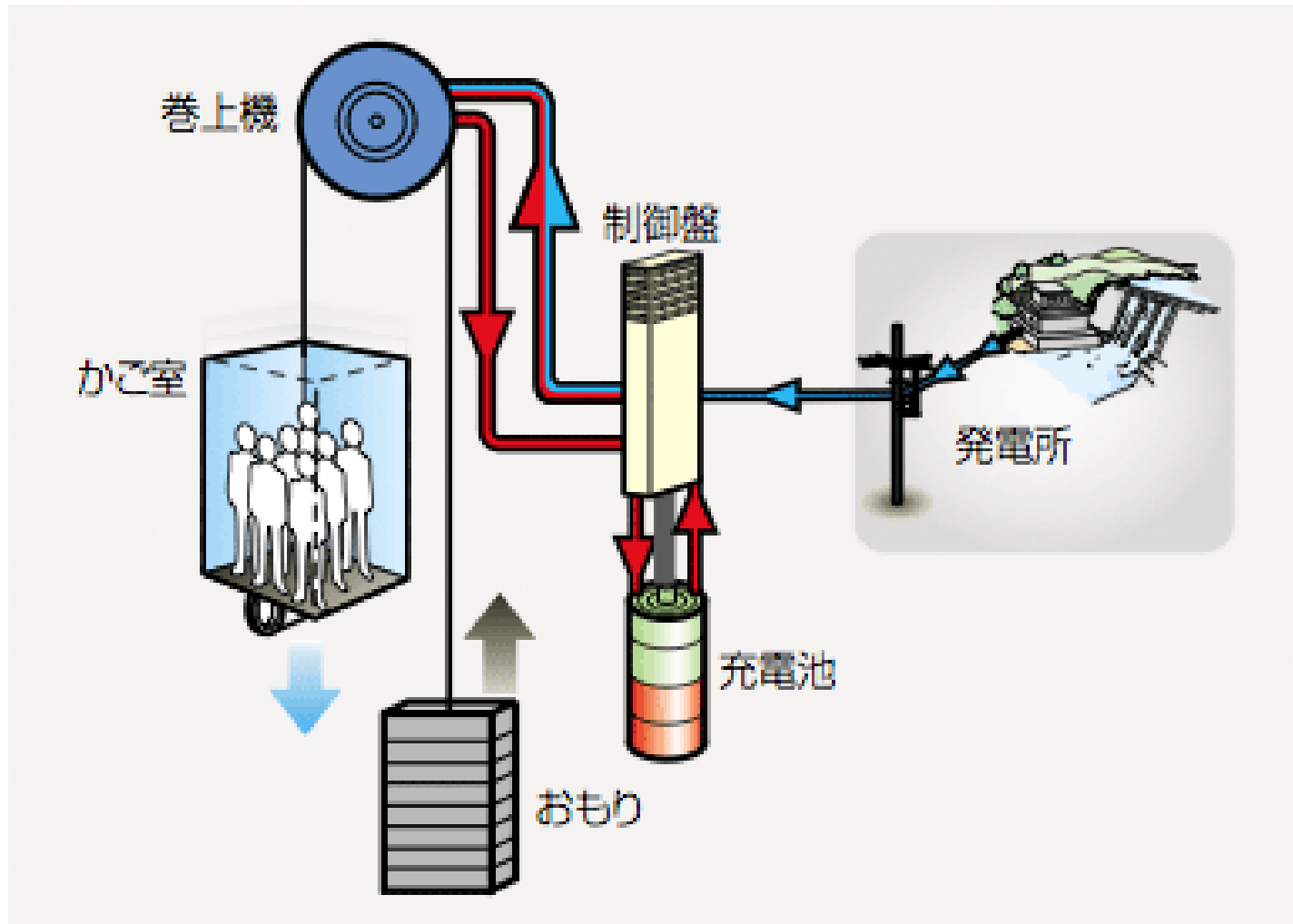


気流速度：(強)  (弱)

# 超高速エレベーターの技術（動画）

- <http://www.mitsubishielectric.co.jp/corporate/randd/spotlight/spotlight22.html>
- 三菱電機の場合

# 消費電力の削減



重量アンバランスの時のエネルギーは、蓄電池に回収、電力系統への回生もある。  
ハイブリッド自動車は、減速時にバッテリーを充電する方法でブレーキをかけるのと同じ。

# 「リアルタイム割当制御機能」を搭載した新群管理システム

- リアルタイムに変化するエレベーターの運行状況を解析し、この先どこの階でエレベーターが呼ばれるかなどの、今後起こりうる状況を予測しながら運行スケジュールを計算する。
- 予測された計算結果をもとに運行サービスをリアルタイムに評価して、各階にエレベーターを割り当てる最新の群管理システムである。
- 本機能により、エレベーターの最大待ち時間39%、平均待ち時間で6%程度、従来機種に比べて性能が向上した。

# 省電力割当機能

- リアルタイム割当運転機能が予測した運行状況の中から、エレベーターの台数を抑えた運行スケジュールを選択し、常時消費電力を抑えて運行する機能である。
- 通常運転時と比べ約15%、従来の省電力運転と比べ約8%、閑散時であれば通常運転と比べ27%、従来の省電力運転と比べ15%の省エネルギー効果が実現される。



# 乗場行先階登録システム

- これは、乗車前に行先階を指定することで、先行してエレベーターの群管理に情報を伝達し、途中階での停車が少ない最適なエレベーター運行サービスを提供するものです。
- エレベーター乗場に設置された乗場行先階登録装置で行先階を登録すると、画面に指定されたエレベーターの番号が表示されるシステムとなっており、行先階登録後、利用者は指定された号機に乗車する。
- エレベーターかご内でのボタン操作が不要となり、混雑時もスムーズな乗降が可能となり、出勤ピーク時で最大40%輸送能力が向上する。

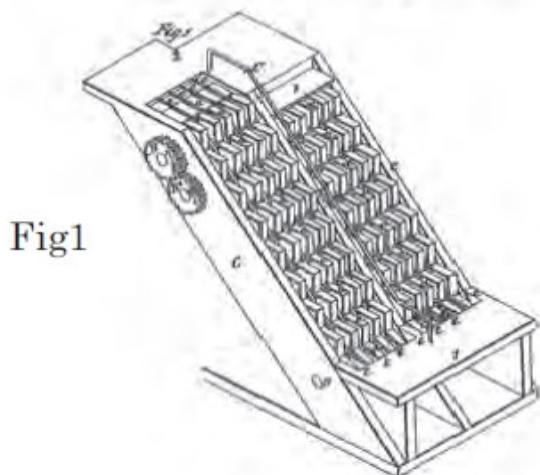
# 群管理の説明動画

- <https://www.tv-tokyo.co.jp/zipangu/backnumber/20130325/>

エスカレーターについて

N. AMES,  
REVOLVING STAIRS,  
Patented Aug. 9, 1859.

25,076.



# エスカレーターの 特許 1859年

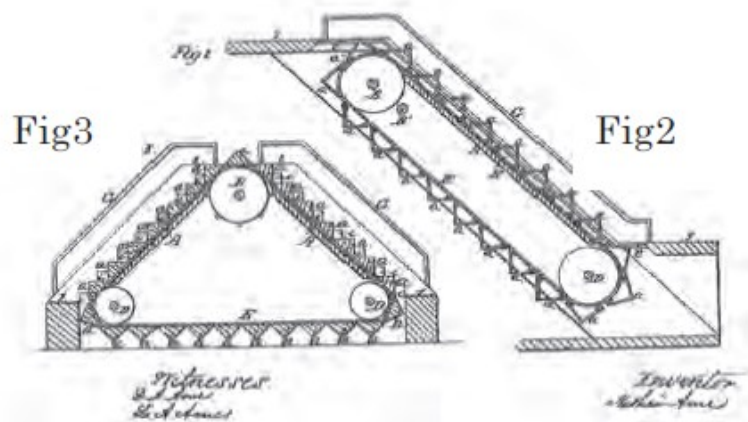


図 2.3 ナサン・エームズの回転式階段  
米国特許 No.25,076 (1859年)

## エスカレーター技術発展の系統化調査

Historical Development of Escalator Technology

# 1900年 パリ万博に出展



図 2.7 パリ万博出展機 踏段式自動階段（1900年）  
日本オーチス提供



図 3.1 東京大正博覧会エスカレーター外観（上）、同博



図 3.3 三越呉服店のエスカレーター (1921 年増設分)  
日本オーチス提供

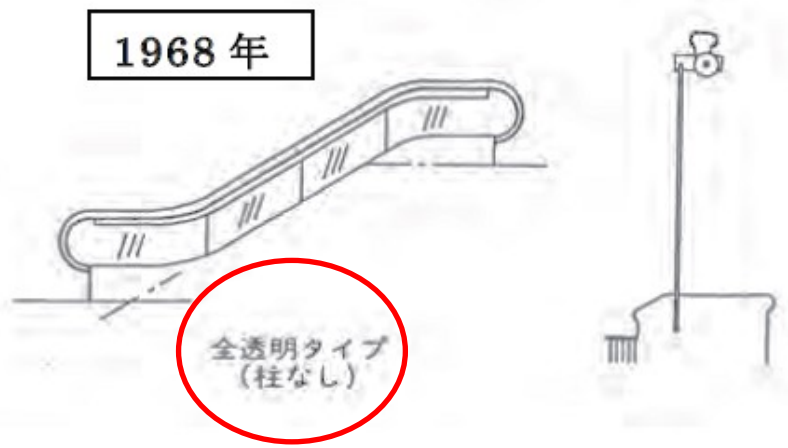
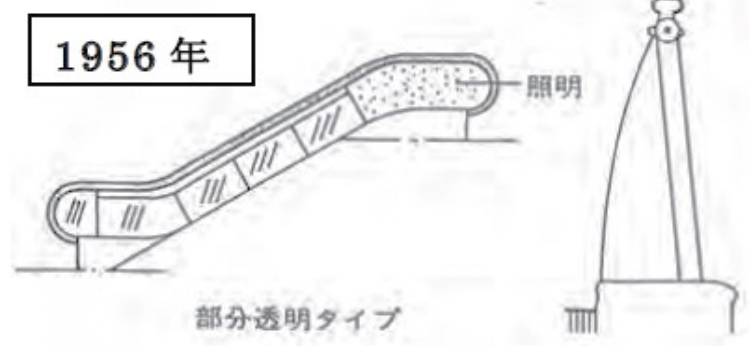
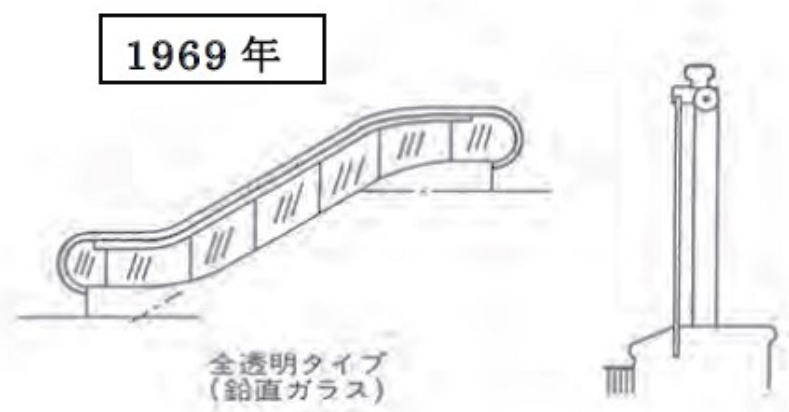
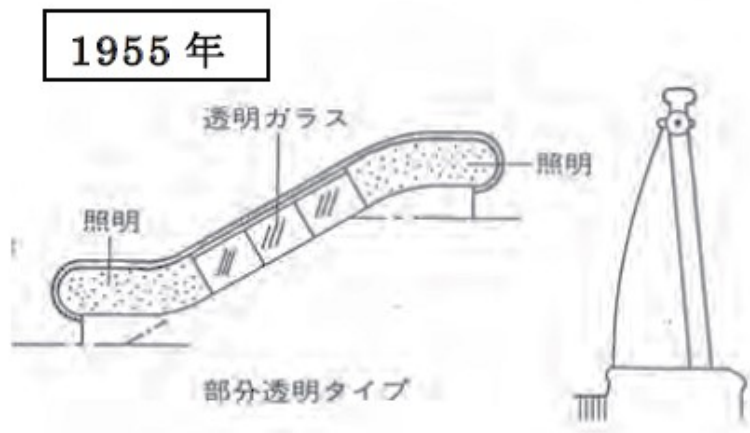


図 4.3 1970年までの代表的欄干意匠 (断面図は中間部を示す) 原図：注 (5)



# 全透明型エスカレーター



日立と三菱の  
特許係争あり

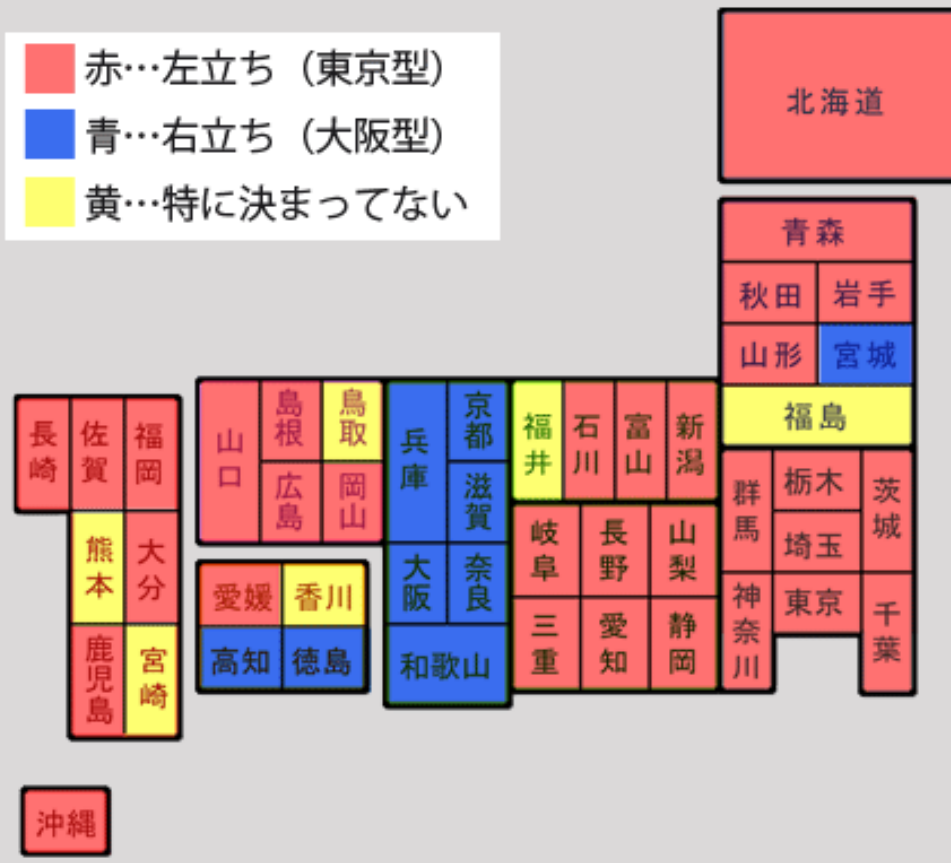
図 4.8 東京・銀座ショッピングセンター  
全透明形・工場組立中（1958年）日立提供

# 右たちか 左たちか？

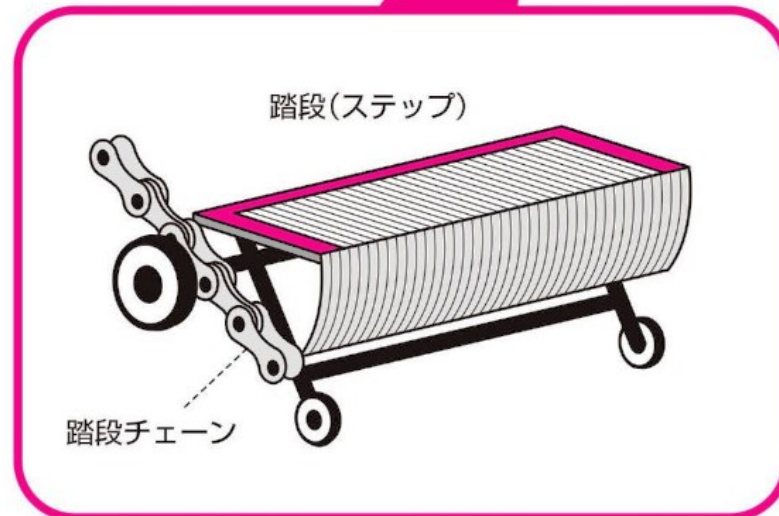
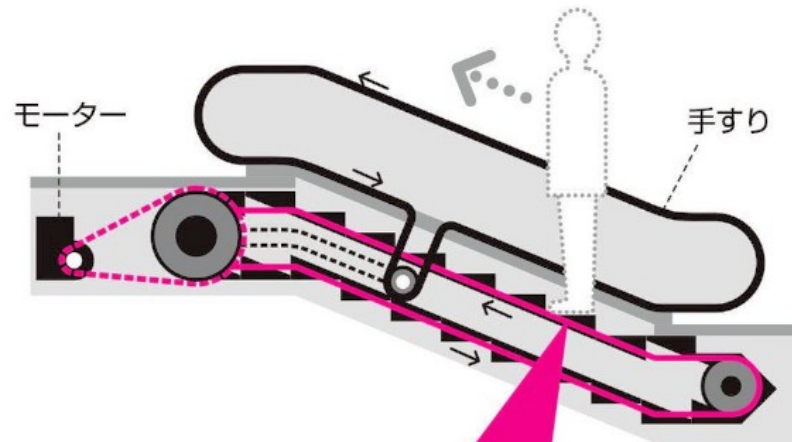


も右側に立つという説もあります。

- 赤…左立ち（東京型）
- 青…右立ち（大阪型）
- 黄…特に決まってない

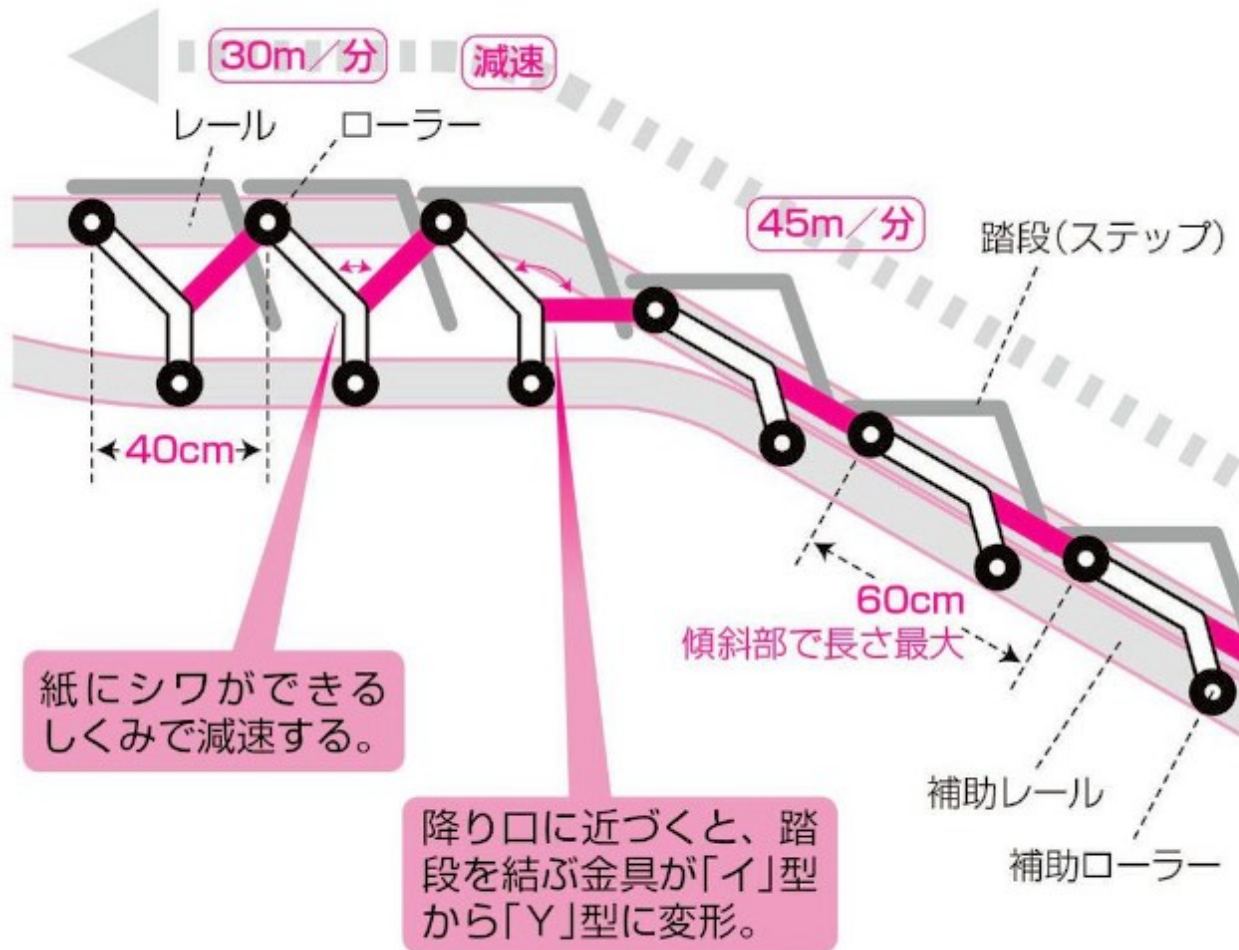


# エスカレータの仕組み



# 日本最長のエスカレーターは、96m

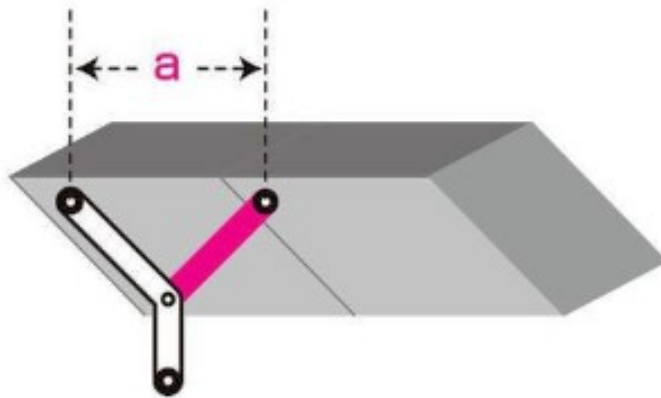
香川県の遊園地「NEWレオマワールド」



# 水平と傾斜移動の方法

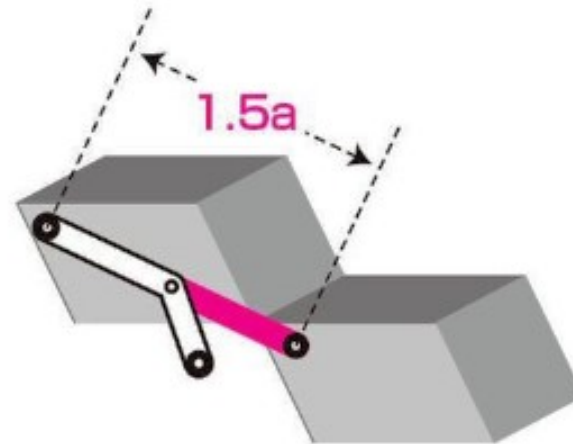
## 水平移動時

金具は「Y」型をしている。速度は30m/分。



## 傾斜移動時

金具は「イ」型をしている。速度は水平時の1.5倍の45m/分。



## エスカレーターは、エレベーターより 多くの電気を消費する

- エスカレーター2台（上がりと下り）で
  - 70kWh/1日（100%）
  - スピードダウンや停止で電力削減
- エレベーター1台で
  - 10kWh/1日（15%）
- エレベーターの消費電力は、ビル全体の消費電力の3%程度と少ない

易しい科学の話  
2019・2・20

# エレベーター、エスカレーターの技術

終り

吉岡 芳夫