

世界最高速を実現した 分速1,200 mエレベーターの開発

松岡 秀佳
Matsuoka Hideka

東田 芳樹
Higashida Yoshiki

大沼 直人
Ohnuma Naoto

安部 貴
Abe Takashi

中山 徹也
Nakayama Tetsuya

河村 陽右
Kawamura Yosuke

岳 正権
Yue Zheng Guan

中村 慶三
Nakamura Keizo

陳 松馨
Chen Song Xin

謝 奕新
Xie Yi Xin

荒川 淳
Arakawa Atsushi

中国や中東諸国で多く計画されているランドマーク級超高層ビル市場では、強いブランド力と高い信頼性を示す技術プレゼンスが競争力優位条件である。世界最高速エレベーターの開発は、エレベーター研究塔G1TOWER建設時からの目標であり、要素技術開発や検証試験を重ねてきた結果、日立は広州周大福金融中心で分速1,200 m

エレベーターを受注した。

本開発では、大容量の駆動装置と信頼性の高い安全システム、乗客の快適性を実現する乗りかご装置と施工技術などを確立した。2016年5月に分速1,200 mでの走行を実証し、エレベーター世界最高速度（2016年5月時点、日立調べ）を達成した。

1. はじめに

高さ500 mを超える超高層ビルの建築が、中国や中東諸国では数多く計画されている。この市場では強いブランド力と高い信頼性を示す技術プレゼンスが競争力優位条件である。日立は、超高層ビル市場での競争力強化とシェア拡大を図るため、広州周大福金融中心向けに分速1,200 mエレベーターを開発した。

開発したエレベーターには、世界最高の速度を生み出す駆動・制御装置、非常時に乗りかごを停止させるブレーキ装置や調速機、レールの継ぎ目や曲がりによる乗りかごの横揺れ防止や気圧差による耳閉感緩和を図るための新技術を搭載した。また、現地据付工事においても、レールの施工や固定方法に新技術を採用した。

本稿では、これらの分速1,200 mエレベーター実現のために開発した新技術について述べる。

2. 開発の背景

日立の超高速エレベーターの開発は、1968年に霞が関ビルディングに納入した分速300 mエレベーターに始まる。当時世界一となる地上高さ90 mのエレベーター研究塔を建設し、正確な速度制御技術、振動騒音制御技術、高速用安全装置などを開発・検証し、分速300 mの超高速エレベーターを完成させた¹⁾。その後、1974年に新宿住友ビル向けに分速540 mの超高速エレベーターを開発した。

また、1993年には100階建て級ビル時代に備え、当時世界最高速となる分速810 mのエレベーター技術開発を行った²⁾。

一方、世界では2000年代に入り、アジア各国（特に中国市場）で急速な経済発展によって大きな市場が形成され、世界中のエレベーターメーカーが参入した。また、中東では、ビルが超高層化・大規模化しており、超高速エレベーターや大容量エレベーターが求められてきた。

2004年に台湾で世界最高速となる分速1,010 mエレベーターが稼働した³⁾。日立では、2008年に行程440 mとなる上海環球金融中心の大容量エレベーターを開発し⁴⁾、施工技術を含め、大容量・長行程エレベーターに対する技術力を蓄積してきた。さらに、世界最高速エレベーターの開発と納入を目標に、2010年にエレベーターの研究施設としては当時世界一高い地上高213 mのエレベーター研究塔G1TOWERを建設し、さまざまな実証実験や、安全性・快適性・環境に配慮した技術開発に取り組んできた⁵⁾（図1参照）。

3. 開発内容と特徴

エレベーターの超高速化は、利用者が短時間で目的階へ移動することを可能とし、超高層ビルの利便性を向上させるとともに、ビル自体の価値向上にもつながる。反面、超高速でのエレベーター走行は従来問題とならなかったよう

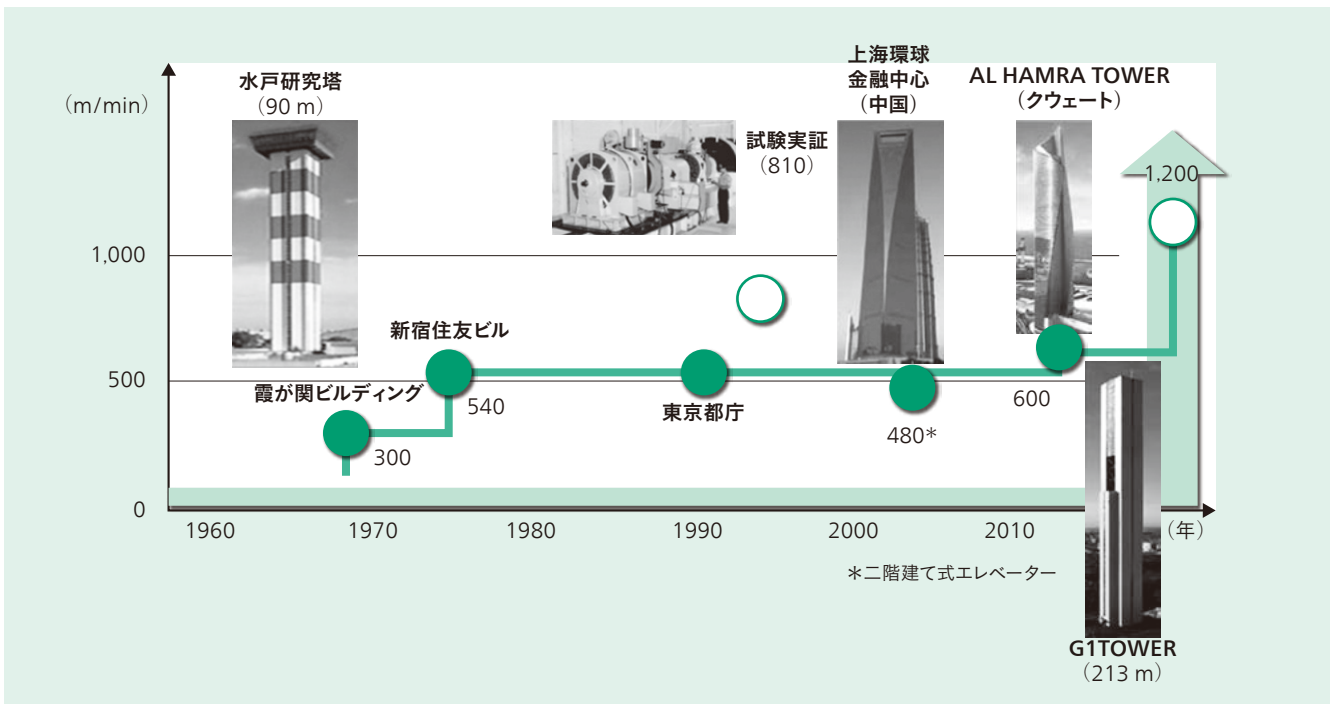


図1 | 日立の超高速エレベーターの変遷

1960年代後半から現代に至るまでのエレベーター速度の歴史を示す。

な、空気の流れやレールの継ぎ目による段差や曲がり振動や騒音に大きく影響し、利用者の快適性が低下する。超高速エレベーターの開発においては、利用者への快適性の提供のため、乗りかご内の騒音や振動を従来エレベーターと同レベルの性能とする必要がある。また、さまざまな安全装置や安全制御システムにおいても、超高速走行でも従来と変わらない性能と品質が要求される。このように、超高速エレベーターでは、速度を実現する「駆動・制御技術」と同時に「快適性」、「安全性」に関する技術開発が必要であり、そこで培われた技術によって日立エレベーターの技術レベルが向上し、より安全・安心な製品を顧客に提供することが可能となる。

今回開発した世界最高速エレベーターは、**図2**に示すような新装置・新技術の開発が必要であった。特に330 kWという大容量でありながら、低損失化などにより小型化を図った巻上機や、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) の4並列駆動によって従来の約半分の寸法で2,200 kVAの大出力を実現した制御装置は大きな技術革新である。また、分速1,200 mでの走行時においても乗客の快適性を確保するため、レールの段差による振動を半減させる上下アクティブガイド装置や耳づまり (耳閉感) 緩和のためのかご内気圧制御を新技術として開発した⁶⁾。

3.1 分速1,200 mを実現する駆動・制御技術

エレベーターが超高速で走行すると、走行抵抗や損失による影響で機器が大型化する。また、建物が高層化してエ

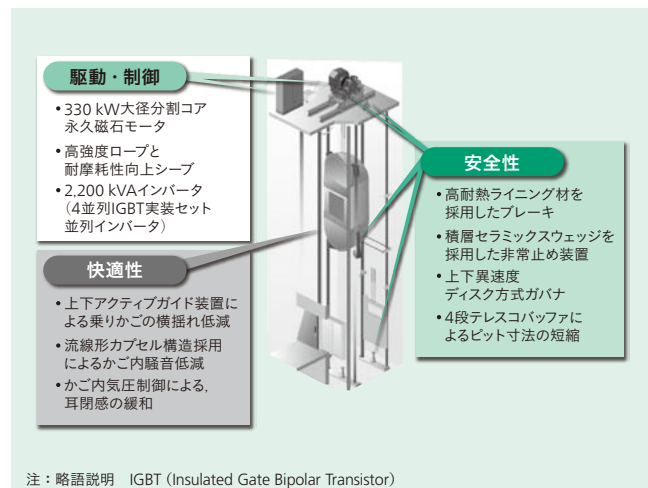


図2 | 分速1,200 m超高速エレベーターの主な技術開発

分速1,200 mの技術開発を駆動・制御技術、安全性、快適性から紹介する。

エレベーターが長行程になると、ロープの重量が増大してエレベーター全体への影響が大きくなる。本節では、損失の低減や高強度ロープにより小型化を図った巻上機と制御盤を紹介する。

3.1.1 駆動技術

駆動技術としては、分速1,200 mを実現する大出力と省スペース性を両立した薄型モータが必要となる。そこで、世界最大級の330 kW永久磁石モータを新規に開発した。本モータには高速化による電力損失の低減や薄型化のために、積層鉄心のロータや大径ながら低トルクリプルを実現する分割鉄心構造を適用した。これにより、従来技術に対してモータの定格出力を約1.3倍としながら、巻上機幅寸法を13%低減した (**図3**参照)。

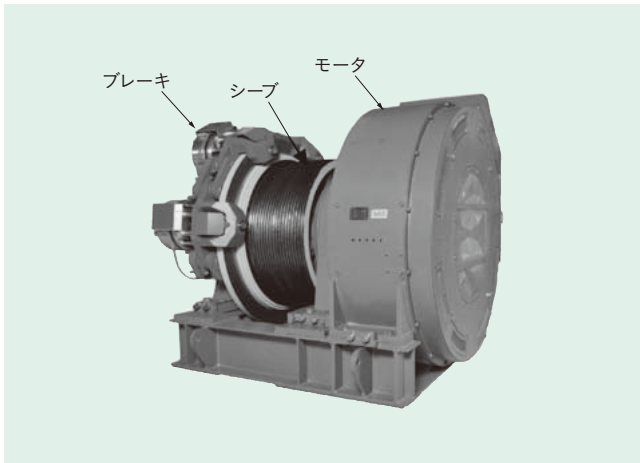


図3 | 330 kW永久磁石モータ巻上機

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プの開発により、大出力と省スペース性の両立を実現した。

巻上機に作用する懸垂重量の軽量化を実現するために、乗りかごを懸垂・駆動する主ロープには材料や素線の撚（よ）り方を新設計したIWRC (Independent Wire Rope Core) 高強度ワイヤロープを開発した。従来技術に対して強度を1.3倍向上させることにより、ロープ自重を従来品より30%軽量化した。加えて、高強度、耐摩耗性に優れたシープも開発した。

3.1.2 制御技術

制御盤は、330 kW永久磁石モータを加減速制御するための大容量化と、大容量化に伴って大型化する制御盤を機械室に収めるための小型化が必要である。そこで、1台当たりの制御装置の寸法を従来実績と同等としたまま、出力容量を600 kVAから2倍の1,200 kVAに拡大し、拡大した制御装置を2台並列接続するセット並列構成とすることで、従来品と同等以下の寸法でありながら2,200 kVAの大出力を実現した(図4参照)。

(1) 主変換器

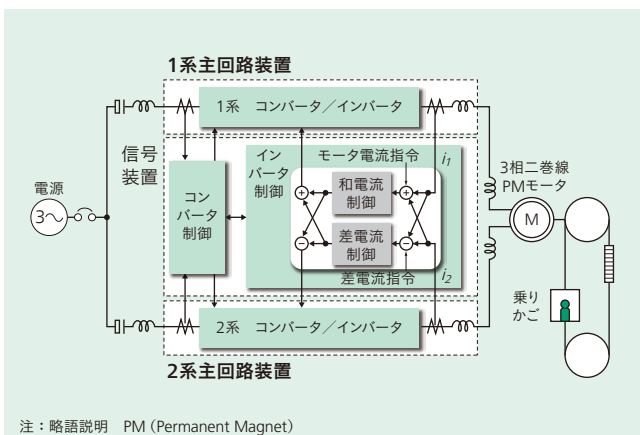


図4 | 制御システムの構成

独立した2台の主回路装置を並列に接続するセット並列インバータに、和差電流制御方式を適用することにより、1系と2系の電流を均等化して大容量化を実現した。

開発した制御装置は1台で分速600 m、積載質量3,600 kgのエレベーターを駆動する能力を持つ。従来実績の600 kVAから2倍の1,200 kVAに拡大するため、主変換器は定格1,400 AのIGBTモジュールを4個並列接続する構成とし、4並列IGBT間の電流均等化技術、低損失化技術、冷却性能向上技術を開発した。

(2) 制御回路

分速1,200 mエレベーターでは、モータの回転数の増大に加え、モータの大径化によって極数が増加するため、モータ電流の周波数が増大する。特に、IGBTの上下アームのデッドタイム補償をソフトウェアで行う場合、電流制御遅れの問題が顕在化するため、5次、7次の高調波電流が増大し、電流波形歪（ひず）みとなって、騒音や振動の発生源となる。そこで、デッドタイム補償電圧の位相をモータ電流周波数に応じて調整する方式を開発し、電流波形歪みを1%以下に抑制した。

新開発のモータを適用した巻上機と制御盤を使って地上等価試験装置で制御特性を検証し、速度・モータトルク・電流のいずれも異常がないことを確認した(図5参照)。

昇降行程が500 m級となると、主ロープのばね定数が大きく低下するため、ロープ伸縮を原因とする停止位置誤り、乗客乗り降り時のかご床レベルずれ、低周波数成分のかご振動発生などが問題となりうる。これに対し、日立の培った経験や、シミュレーションを駆使した評価を行い、高精度な床レベル合わせを行う制御方法を確立した。

(3) 盤構成

大容量化によって制御盤全体の寸法が大きくなり質量も重くなるため、盤構成は製作時の作業性と機械室への搬入・施工性を考慮して、機能ごとに分割する構成とした(図6参照)。また、主回路装置内のコンバータとインバータは、一相ごとに独立したユニット構成とし、専用の台車を用いてユニットを引き出して点検や交換が容易にできる

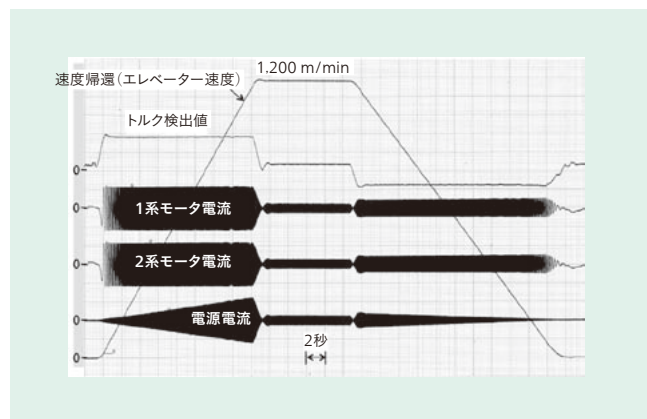


図5 | 分速1,200 mエレベーターの制御特性

エレベーターの慣性質量と積載負荷を模擬した地上等価試験装置を用いて、昇降行程600 m、速度分速1,200 mの走行試験を実施し、制御性能を検証した。

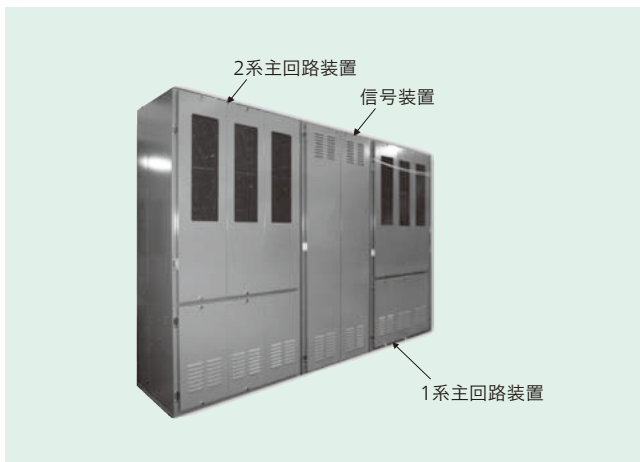


図6 | 制御盤の外観

独立設置した3面の盤で構成している。左から2系主回路装置、信号装置、1系主回路装置である。この他に、受電盤とリアクトル盤がある。

など安全性の向上を図った。さらに、制御用プリント基板などの主要機器は量産下位機種との統合を図り部品調達の安定性にも配慮した。

3.2 超高速・長行程でも安心して利用できる快適性

分速1,200 mは時速72 kmに相当し、レールの僅かな段差や曲がりか乗りかご振動へ大きな影響を与える。また、超高層ビルでは、気圧の変化が大きく耳閉感による乗客の不快感が増大する。これらの乗客に対する快適性向上のための開発を行った。

3.2.1 かご内振動低減技術

従来は、かごの水平振動低減技術として、かご下に設置された加速度センサーによってかご振動を検出し、かご下部に設けた下側ガイド装置に設置したアクチュエータによりばね力を制御することでかご振動を低減するアクティブガイド装置を製品化してきた。しかし、分速1,200 mになると、レール不整による周期的な振動外乱が高周波側にシフトするため、並進モードに加えて、ピッチングなどの回転モードを含む高次数の振動モードが励起されやすくなる(図7参照)。このため、上下左右4か所に加速度センサー

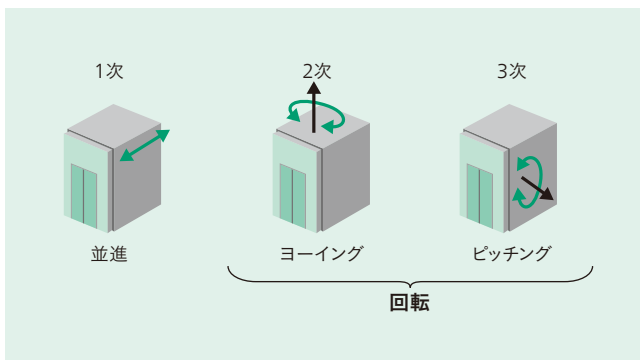


図7 | かご振動モード

超高速化によって課題となるかごの1~3次振動モードを模式的に示す。

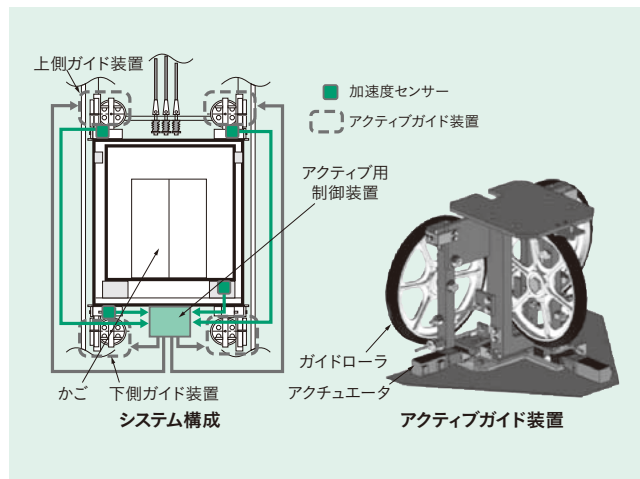


図8 | 上下アクティブシステムの構成

加速度センサーおよびアクティブガイド装置をかごの4か所に設置し、1つの制御装置で協調制御している。アクティブガイド装置はアクチュエータでレールへの押しつけ力を制御している。

およびアクチュエータを設けたアクティブガイド装置を上下に設置する上下アクティブシステム(図8参照)を開発した。エレベーターのパラメータ変動や人間の水平振動に対する感度も考慮できるようにH ∞ 制御法で設計することにより、複数の振動モードを抑制可能な制振システムを構築した。

加振試験機での検証の結果、新たに開発した上下アクティブシステムにより、並進モードだけでなく回転モードの振動も抑制できており、高速化によって加振周波数が上昇しても、今回開発の上下アクティブシステムでは複数の振動モードに対して制振効果が得られることを確認した(図9参照)。

3.2.2 かご内騒音低減技術

エレベーターは速度が増加すると走行中の空力音が増大するため、かご内に伝播(ば)する騒音も増加する。かご

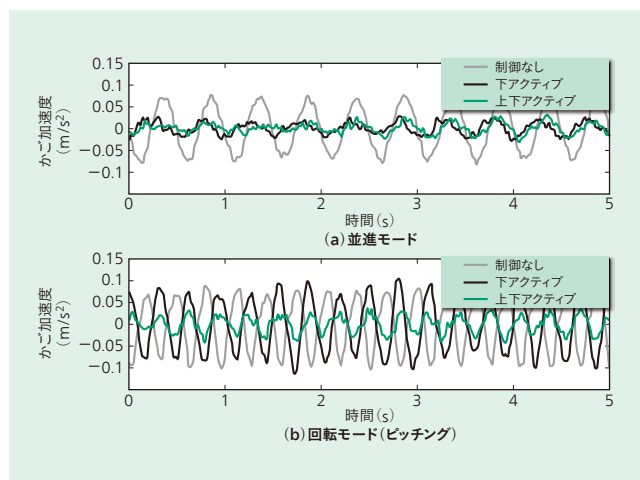


図9 | 上下アクティブシステムによる制振効果

下2か所にアクティブガイド装置を設置した場合は、回転モードを抑制できていないが、上下左右4か所にアクティブガイド装置を設置することにより、回転モードも制御可能である。

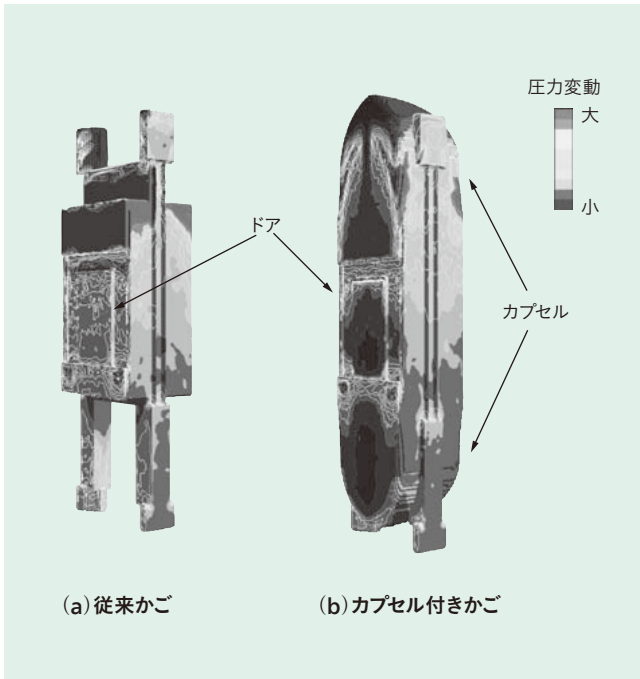


図10 | 数値流体解析によるかご表面圧力変動の評価

ドア側にも曲面を付けた流線形のカプセルをかごに設置することにより、圧力変動の大きい領域が低減することを確認した。

内騒音レベルは分速600 mに比べ、分速1,200 mでは15デシベル以上の増加が予測され、幹線道路周辺並みの騒音となる。増加するかご内騒音を低減させるためには、騒音源と伝播経路の双方の抑制が必要となる。

騒音源の低減として、高速鉄道開発で培った数値流体解析技術を駆使し、空力音の音源となるかご表面圧力変動の評価を行い、表面圧力変動が従来比約50%低減できる流線形のカプセルを開発した(図10参照)。また、釣合おもりとのすれ違い時に速度の2乗で大きくなる風圧が乗りかごに発生し、乗りかごの水平振動が増加するため、エレベーターの高速化においては、すれ違い時の騒音・振動低減が課題である。よって、釣合おもりに整流カバーを設置し、さらに釣合おもりに開口を設置することで、風圧を30%程度低減し、かごの騒音抑制と水平振動低減を図った。

伝播経路の騒音低減として、天井や側板などのかご部材の遮音性を高めることで透過音を低減させるとともに、ドアなどの隙間を低減した気密かごを開発することで空気伝播音の低減を図った。

これらの技術に対して、風洞実験、実機検証において、かご内騒音が低減できることを確認した(図11, 図12参照)。

3.2.3 気圧変化による耳閉感緩和

ビルの高層化およびエレベーターの高速化に伴う気圧の変化により、かご内の乗客が耳閉感で不快と感ずる場合があり、高さ500 mを超えるような超高層ビルでは、気圧の変化による人体への影響が大きくなる。この耳閉感、エレベーター上昇時に比べて下降時の方がより強く感じられ

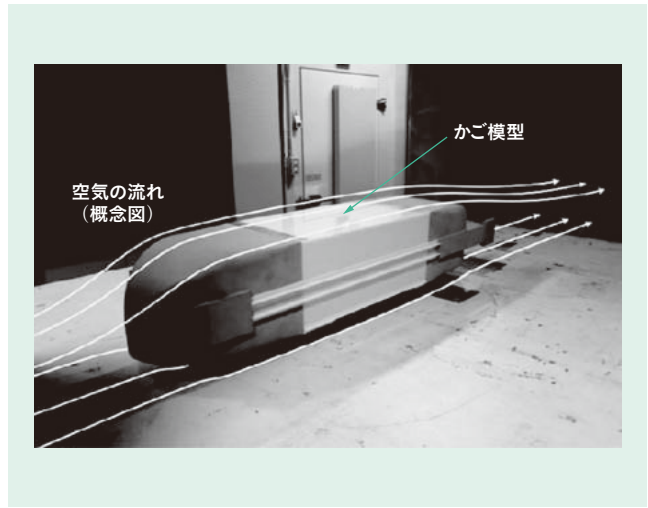


図11 | 縮尺模型を用いた風洞実験

$\frac{1}{12}$ 縮尺かご模型から発生する空力音を評価し、流線形カプセルの騒音低減効果を確認した。

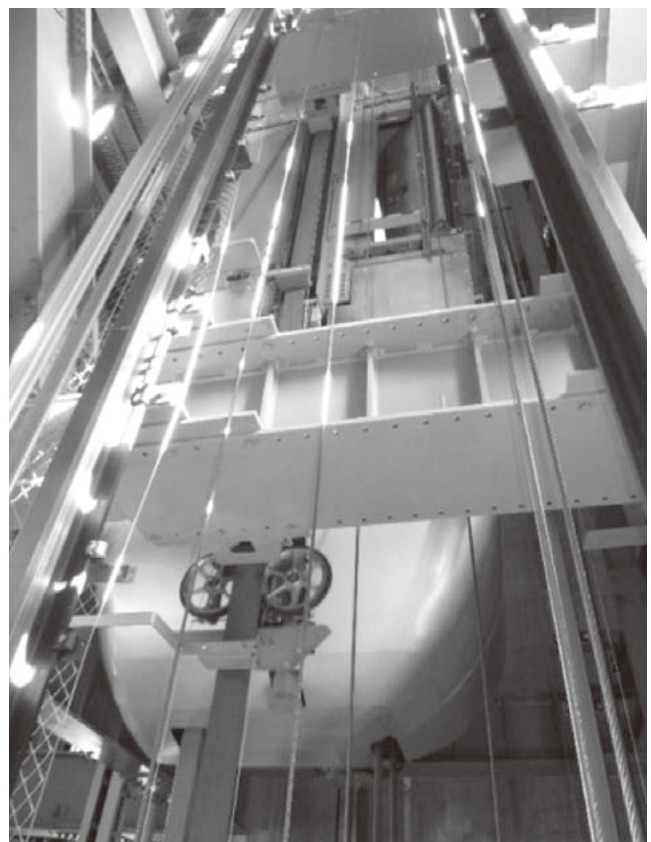


図12 | かごカプセル構造

数値流体解析および風洞実験の結果より開発したカプセル形状となっている。

るため、下降時のエレベーター速度を制限する必要がある。

さらに、この不快感の緩和を図るため、かご内の気圧の変化に緩急を与え、乗客に能動的なつばの飲み込みを促すことで、耳閉感が強まることを回避するかご内気圧制御方式を採用し、気圧シミュレーター装置(図13参照)を用いた官能評価により、気圧変化速度と耳閉感の検証を行った。

上述のかご内気圧変化を制御するために、加圧器、減圧器から構成される気圧制御装置を開発した。この気圧制御装置の課題は、緩急をつけた気圧変化とするため高応答性

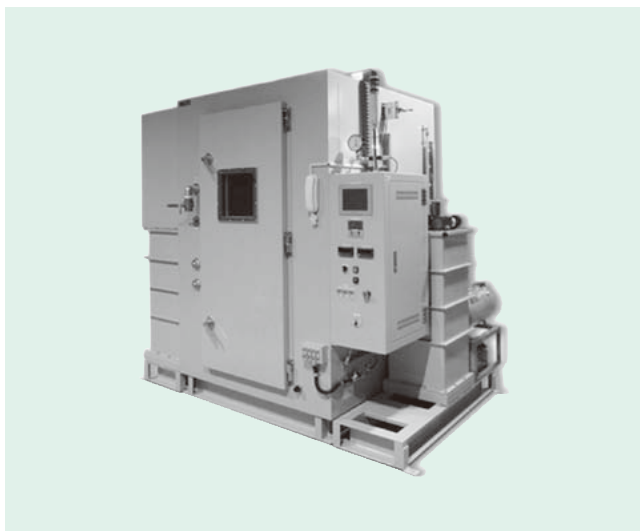


図13 気圧シミュレーター

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。

と制御誤差縮小の両立が必要となることである。この課題を解決するため、高応答化を図るフィードフォワード制御を導入し、制御誤差縮小のため、圧力差による構造部品の体積変動を考慮した制御指令生成とフィードバック制御を組み合わせる2自由度制御方式を開発し、気圧制御の高応答化と高精度化を実現した(図14参照)。

3.3 超高速走行を支える安全性

分速1,200 mエレベーターにおける安全性能を満足するために、高速化に対応した安全装置やシステム開発が課題となる。今回は新たにブレーキ、非常止め装置、調速機(ガバナ)、油入緩衝器(オイルバッファ)、電子安全システムを開発した。

3.3.1 ブレーキ

エレベーターのブレーキは、通常時は停止した乗りかごの位置を保持するためであるが、停電時などの緊急時には

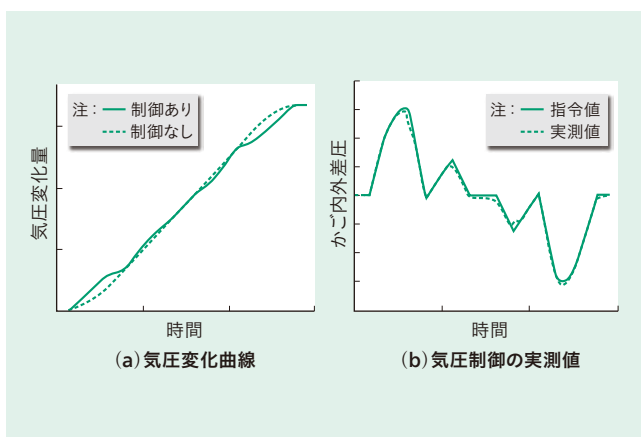


図14 広州周大福金融中心でのかご内外差圧の制御性能評価

広州周大福金融中心でのエレベーター走行におけるかご内気圧を制御の有無で比較評価した。また、制御あり時のかご内気圧制御指令値と実測定値を比較評価した。

走行中のエレベーターをブレーキ動作によって安全に停止させなければならない。

通常のエレベーターでは、緊急時のブレーキ制動による制動材の発熱は200℃以下であるが、分速1,200 mでの走行時にはブレーキ制動材が摩擦熱によって瞬間的に400℃を超える。そこで、配合材料や制動面形状の改良により、400℃の高温状態でも安全に乗りかごを停止させることが可能となる制動材を開発した。

3.3.2 非常止め装置

非常止め装置は乗りかごに取り付けられており、乗りかごの速度が定格速度を超えた場合にレールを把持し、かごを停止させる装置である。分速1,200 mのエレベーターにおいて、かごを確実に停止させるには、日立実績最大容量の非常止め装置に比べ、約4.8倍の制動エネルギーが必要となる。

法規で定められた減速度以下でかごを停止させるための制動材は、制動時に発生する発熱・摩耗に耐えうる材料でなければならず、積層セラミックスの制動材を開発した。また、必要制動力の確保と小型化の両立を図るため、非常止め装置を上下2段に構成する構造とした[図15(a)参照]。後述するエレベーター研究塔での落下試験の結果、海外規格(欧州規格、中国国家標準)で要求される同一の制動子で、2回の安定した制動性能を満足し、認定を取得した。

3.3.3 調速機(ガバナ)

調速機はエレベーターの異常増速を検出して、安全装置(ブレーキ・非常止め装置)を作動させる速度検出装置である。

上昇と下降の速度が異なるエレベーターに対し、本開発

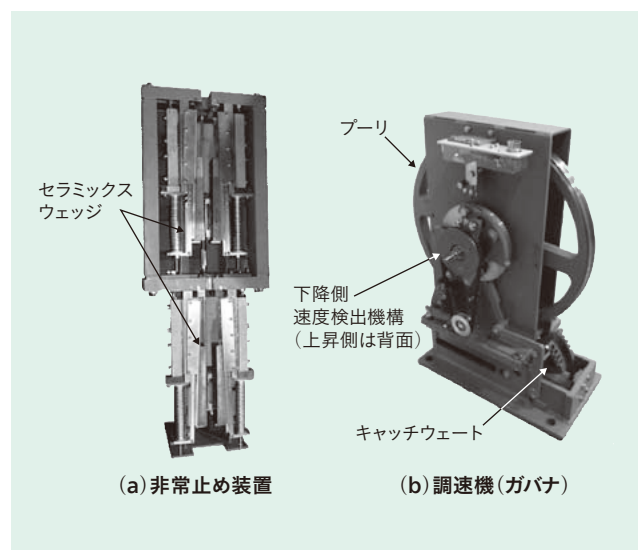


図15 非常止め装置と調速機(ガバナ)

分速1,200 mエレベーターの異常発生時にレールを狹圧してかごを制動させる非常止め装置と、エレベーターのかご速度を検出するガバナを示す。

では速度検出機構をガバナの正面と背面の2か所に設けることで、エレベーター上昇時と下降時のおおの速度を1台で検出できるようにした〔同図(b)参照〕。また、下降側の速度検出機構は上昇側に比べて低い速度に設定する必要があり、エレベーター上昇時に下降側の速度検出機構が誤動作しないよう、上昇時に下降側の速度検出機構を切り離し、動作しないような構造を開発した。これにより、安全性の確保と省スペース化の両立を図った。

3.3.4 油入緩衝器(オイルバッファ)

オイルバッファは、乗りかごが昇降路底部に衝突した場合でも、かごの衝突力を緩衝して停止させる装置であり、昇降路の最下部(ピット)に設置される。

エレベーターの超高速化に伴って衝突力は大きくなり、ピットに設置するオイルバッファの全高サイズも大きくなる。分速1,200 mエレベーターにおいて、従来構造の1段式オイルバッファでは24 mを超える寸法が必要となるため、建築工事の負担が大きくなり、将来の入れ替え作業も困難となる。この問題を解決するために、全高サイズが小型化できるプランジャー部を4段としたテレスコピック構造により、全高15 m以下のオイルバッファを開発した(図16参照)。

3.3.5 電子式終端階減速装置(電子式ETSD)

終端階減速装置(ETSD: Emergency Terminal Speed-limiting Device)は、エレベーターの端階付近においてかごの位置と速度を監視し、かごが昇降路の終端から所定の位置にあるときのかご速度があらかじめ設定された所定の速度以上の場合にかごを減速させる装置である。



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。

従来のETSDでは、かご上光電装置が塔内遮蔽板を通過することによりかご位置を検出し、ガバナの機械的スイッチ動作によりかご速度を検出していた。しかし、従来装置では、超高速領域となると、塔内の遮蔽板枚数の増加やガバナの構造の複雑化により製品化の実現が難しくなる。

本開発では、これらのかご位置と速度を連続的にかつ常時監視できるようガバナにエンコーダを配置し、さらに、エレベーターの正常・異常状態を判断する制御盤を備えた電子式ETSDを開発した。電子式ETSDにおいては、エンコーダおよび制御盤(電源系統、プリント板、マイコンなど)をおおの二系統にし、相互監視することで高い安全性、信頼性の両立を図った。

4. 施工技術

分速1,200 mエレベーターの据付工事では、総質量20 tを超える巻上機の揚重、エレベーターの乗り心地に影響する約200本を超えるガイドレールの据付、複雑なかご構造品の組み立てを確実に行うことが重要である。納入先である広州周大福金融中心では、日本と中国が連携したプロジェクト体制で推進を図り、日本の施工部門による指導の下、日立電梯(中国)有限公司の施工部門が一丸となって効率的な据付と施工技術の開発を行った。

4.1 巻上機一体搬入

一般的な巻上機据付作業では、巻上機は建物内でウインチなどを用いて揚重する。今回の大容量巻上機は、据付架台を含めると20 tを超える重量であることから、作業工程の短縮を考慮し、地上で巻上機と架台を組み立て、建築のタワークレーンで一気に搬入する「巻上機一体搬入工法」を採用した。

一体搬入工法は、機械室となる階床の施工が完了し、上層階の施工が始まるまでの短期間での作業が必要となる。中国の施工工程と日本での巻上機製作・出荷日程の綿密な工程管理により、工事工程に影響を与えることなく迅速かつ安全に地上470 mの機械室への巻上機の搬入・据付を行った(図17参照)。

4.2 乗りかごの事前合同組み立て検証

分速1,200 mエレベーターの乗りかごは、新開発のかご内気圧制御装置や上下アクティブシステムを設置する。また、かご内騒音低減のための流体カプセルは、かご本体と隙間のない組み付けが必要となる。

特殊な乗りかごの施工経験の少ない現地の作業者が据付工程期間内に作業するために、日本の工場では、かご一式を組み上げる「乗りかご総組み検証」を実施した。工場内で、



図17 | 巻上機一体搬入

地上で組み立てた20 tを超える巻上機と架台を一気に機械室まで搬入する様子を示す。

事前に乗りかご一式を組み上げ、作業手順を確認することで、精度の高い乗りかごの現地施工を実現した(図18参照)。

4.3 レール施工技術

超高層ビルは、設置する設備やビル自体の重さによって経年的に縮みが発生する。各階での微小なビルの縮みが増み重なり、エレベーターのガイドレールを固定するブラケットを介して、ガイドレールに圧縮力が加わる。これは



図18 | 乗りかご総組み

水戸事業所で現地作業員と、合同で組み立て検証をしている様子を示す。

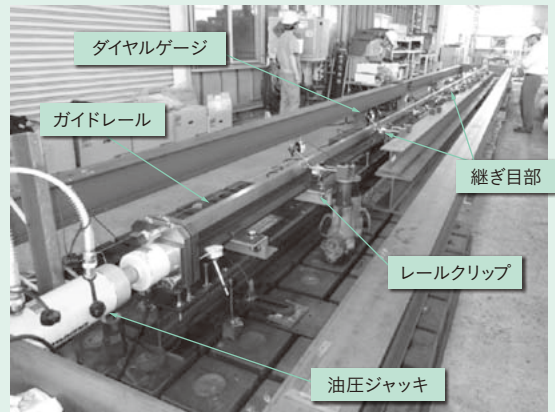


図19 | ガイドレール圧縮試験装置

ビルの経年変形を想定して、ガイドレールにかかる圧縮荷重による曲がりなどの影響を検証した。

ガイドレール据付中にも発生し、その圧縮力が大きくなるとガイドレールおよび継ぎ目部に微小な変形が発生する。また、その圧縮力が据付後の曲がり修正を難しくさせた(図19参照)。

超高層ビル向けとして、従来、ガイドレールを支持するブラケット部でガイドレール軸力方向にある程度の荷重が加わると滑るようなレールクリップを採用している。今回はレールに発生する圧縮力をさらに低減させるため、ガイドレールが滑るまでの荷重を必要最低限とするクリップを新規開発し、ガイドレールに発生する圧縮力および経年変形の低減を図り、ガイドレール曲がり修正などの作業性を向上させた。その結果、現地で良好なガイドレール据付を実現した。

5. 評価試験と現地検証

分速1,200 mエレベーターの開発においては、各装置で異なるさまざまな試験条件に対応するため、G1TOWERでの実機試験と地上等価試験装置でのエミュレーション試験を併用して各装置の評価試験を実施した。試験実現が困難な評価項目については、実機評価結果をパラメータとして日立独自のシミュレーション技術を駆使し、エレベーターシステムの総合評価を行った(図20参照)。

5.1 地上等価試験装置での試験

地上等価試験装置(図21参照)では、昇降行程や乗りかご質量などさまざまな条件の慣性質量を模擬した設備を導入し、分速1,200 m、昇降行程600 mのエレベーターと等価条件での巻上機と制御盤組み合わせ性能評価、およびブレーキの非常制動評価などを行った。

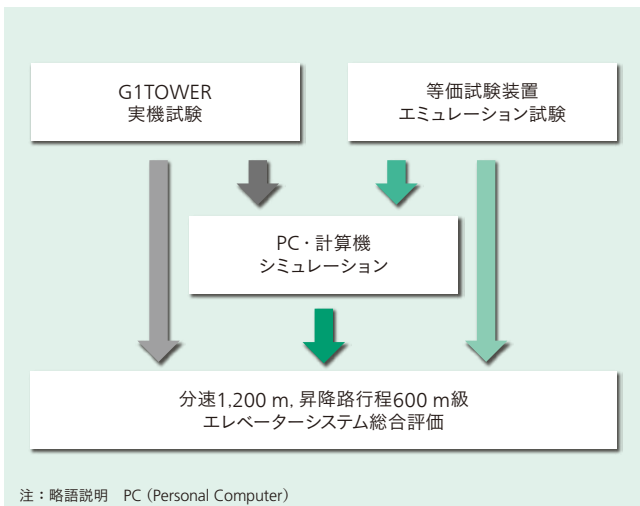


図20 | エレベーターシステム総合評価の概要

実機評価とシミュレーションとの組み合わせにより、高精度のエレベーターシステム評価が可能となる。

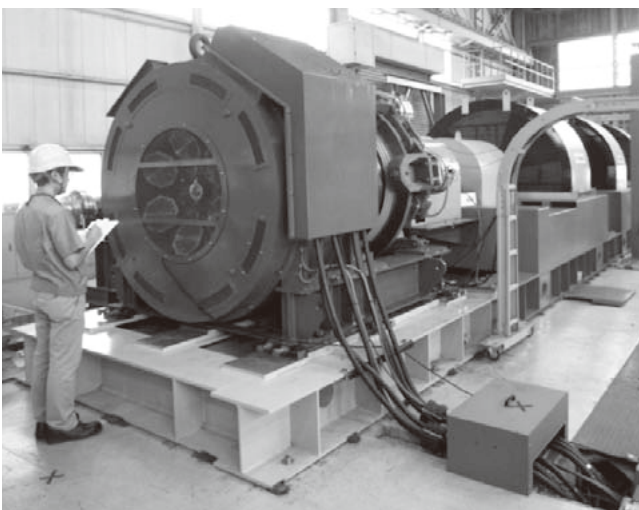


図21 | 地上等価試験装置

エレベーターの慣性質量や積載質量などさまざまな条件を地上で模擬可能とした試験装置を示す。



図22 | G1TOWER

日立製作所水戸事業所内にあるエレベーター研究施設を示す。高さは213 mである。「G1」には「グローバルナンバーワン」をめざす思いが込められている。

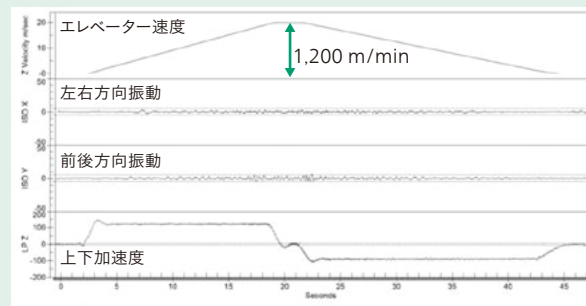


図23 | 広州周大福金融中心の分速1,200 mエレベーターの走行波形
現地で実測した分速1,200 mの走行波形およびかご内振動波形を示す。

5.2 エレベーター研究塔G1TOWERでの走行試験

高さ213 mのエレベーター研究塔G1TOWER(図22参照)では、エレベーター加減速中の振動性能や着床レベル精度の評価のほか、走行時の風切り音を低減する流線形カプセルや、ガイドレール曲がりによる乗りかご振動を低減するアクティブガイド装置など、超高速走行時の低振動・低騒音の乗りかご評価を実施した。また、安全装置である非常止め装置、ガバナ、オイルバッファなどの評価試験を行った。

5.3 分速1,200 mエレベーターでの実証結果

上述の評価設備およびシミュレーション評価を経て、2016年5月、納入先実機(昇降路行程440 m)において分速1,200 mでの走行を実現した。

分速1,200 m走行条件での乗りかご内振動としては、上下・左右・前後いずれも従来エレベーター並みに抑制でき

ており、良好な乗り心地を達成している(図23参照)。その他、かご内の気圧制御、かご内騒音、着床誤差など各種実機確認を行い、分速1,200 mエレベーターとして性能を満足していることを検証し、2016年8月に中国国家標準(GB)の機種認定試験と政府検査の合格を取得した。

6. おわりに

「広州周大福金融中心」(図24参照)に納入した分速1,200 mエレベーターは、2016年5月に現地で稼働し、世界最高速エレベーターを実証した。

今後、海外市場を中心に一層需要が高まるビルの高層化・大規模化に対応するため、分速1,200 mエレベーターで培った新技術や知見を応用し、「安心・快適・便利」なビル環境をグローバルに提供していく。



図24 | 広州周大福金融中心

中国・広州市に建設中の広州周大福金融中心を示す。日立製分速1,200 mエレベーターが走行している。

参考文献

- 1) 宮尾, 外:300m/minギヤレスエレベーターの制御, 日立評論, 50, 9, 838~841 (1968.9)
- 2) 重田, 外: 速度810m/min超高速エレベーターの開発, 日立評論, 75, 7, 437~442 (1993.7)
- 3) 中川, 外:世界最高速1,010m/minエレベーター, 東芝レビュー, Vol.57, No.6 (2002)
- 4) 松岡, 外:大容量・超高速エレベーターの開発, 日立評論, 88, 12, 944~947 (2006.12)
- 5) 大宮, 外:都市の次世代縦移動インフラを築く世界一の研究塔とエレベーター新技術, 日立評論, 92, 11, 859~863 (2010.11)
- 6) T. Nakayama: Technology development for the Ultra-High-Speed Elevator With a Speed of 1,200 m/min, Elevcon 2016 (2016.5)

執筆者紹介



松岡 秀佳

日立製作所 ビルシステムビジネスユニット
グローバル昇降機事業部 グローバル開発本部 エレベーター開発部 所属
現在, エレベーター開発全体の取りまとめに従事



東田 芳樹

日立製作所 ビルシステムビジネスユニット
グローバル昇降機事業部 施工統括本部
海外特別プロジェクト推進室 所属
現在, 海外重要エレベーター案件のプロジェクト取りまとめに従事



大沼 直人

日立製作所 ビルシステムビジネスユニット
グローバル昇降機事業部 グローバル開発本部
エレベーター開発部 所属
現在, エレベーター電気・制御開発の取りまとめに従事
電気学会会員



安部 貴

日立製作所 ビルシステムビジネスユニット
グローバル昇降機事業部 グローバル開発本部
エレベーター開発部 所属
現在, エレベーター機構系開発の取りまとめに従事
日本機械学会会員



中山 徹也

日立製作所 ビルシステムビジネスユニット
グローバル昇降機事業部 グローバル開発本部
エレベーター開発部 所属
現在, エレベーター機構系の開発に従事



河村 陽右

日立製作所 ビルシステムビジネスユニット
グローバル昇降機事業部 グローバル開発本部
エレベーター開発部 所属
現在, エレベーター機構系の開発に従事



岳 正権

日立電梯(中国)有限公司 営業総部 所属
現在, 中国国内におけるエレベーター営業業務に従事



中村 慶三

日立電梯(中国)有限公司 工程総部 所属
現在, エレベーターの施工保守取りまとめに従事



陳 松馨

日立電梯(中国)有限公司 工程総部 施工企画部 所属
現在, エレベーターの現地施工取りまとめに従事



謝 奕新

日立電梯(広州)有限公司 施工運営部 所属
現在, エレベーターの現地施工取りまとめに従事



荒川 淳

日立製作所 研究開発グループ 制御イノベーションセンター
パワーエレクトロニクスシステム研究部 所属
現在, エレベーターの制振・静音化研究開発に従事
工学博士
日本機械学会会員