

第7章 実証機の試作と評価

7.1 緒言

5章で述べた直線階段対応駆動ガイドと階段対応駆動ガイドを組み合わせ、折返し階段に対応でき、かつ大人一人を搭載可能な実証機を試作した。7.2章でその設計と製作に関して述べる。本実証機では折返し部の半径を極力小さくし、一般住宅への適用を可能とするため傾斜円盤方式を採用した。駆動ガイドの設置においては、駆動ガイドの有する位置と姿勢の6自由度を決定しなければならない。7.3節では位置と姿勢決めのためにゲージを用いる手法について述べる。

クロール型移動機構開発の大きな目的は、運転時の騒音・振動を低減化することである。そのため、折返し階段対応クロール型階段昇降機の実証機の騒音・振動を計測し、市販されている従来機種のものと比較する。比較のために用いた市販機種について7.4節で述べる。市販機種については駆動方式の違いによって機種を選定した。7.5節では騒音計測結果について、7.6節では振動計測結果について述べる。7.7節では、消費電流計測結果について述べる。7.8節で本章のまとめを行う。

7.2 折返し階段対応階段昇降機の開発

5章で述べた直線階段対応機、螺旋階段対応機に用いられた移動本体は全く同一のものであった。駆動ガイドの違いによって直線にも螺旋にも対応可能であることを示した。次のステップは、直線階段と螺旋階段を組み合わせた折返し階段に対応することである。階段昇降機の最終目標は、折返し階段の内側走行と考えるからである。

市販されている階段昇降機の多くは、直線階段に対応しており、数少ない曲線階段対応機種においても、折返し階段の外側を走行するタイプがほとんどである。外側を走行する方式では、2階部分において廊下や部屋のドアの前を軌道が通るために連続走行が不可能であり、各階ごとに軌道を独立させた方式になり、乗り換え、平面移動が必要で極めて不便である。その他、軌道が長くなる、踊り場の有効面積が狭くなる、昇降機本体が軌道の数だけ必要になる、など安全面から見た人間共存、経済コストにおいて大きな欠点を有している。一方、内側を回る方式では上記の欠点がなく、すなわち軌道が短くてすむ、踊り場の面積に与える影響が少ない、昇降機本体が1台ですむ、など優れた特徴を有している。

折返し階段では直線部と螺旋部（曲線部）が共存するので、移動本体の走行ガイ

ドへの支持は螺旋階段対応クローラ型階段昇降機と同じく 1 対の走行ガイドローラで行う。直線部から曲線部または曲線部から直線部に遷移する部分での乗り移りが円滑に行なえることが必要である。

直線部の駆動ガイドの形状は、これまでと同じく円盤の外周移動距離と移動本体の走行ガイド上の移動距離が等しくなる条件から決定された。螺旋部では階段の傾斜角によって一周に要する走行ガイドの長さが異なるため、駆動ガイドの形状は階段の傾斜角によって異なる。本試作では、直線部、螺旋部の階段傾斜角を 30 度、円柱部半径比を 2 とした。螺旋部の階段傾斜角が 30 度の場合、斜線考慮の考えにより螺旋半周の間の駆動ガイドの数は 5 個である。すなわち、図 6.4 上において円柱部半径比 2、階段傾斜角 30 度の半周の駆動ガイド数は 5、対応する回転円盤のローラ数も 5 である。

駆動ガイド数 5 個という決定は、駆動ガイドの種類を少なくするという以下に述べる副次的効果をもたらした。5 章で述べた試作においては、回転円盤上のローラ数は 4 個であった。ローラ数が 4 個の場合、以下に述べる理由により直線部と螺旋部の遷移部分においてそれぞれ新たな駆動ガイドが必要となり、駆動ガイドの種類は

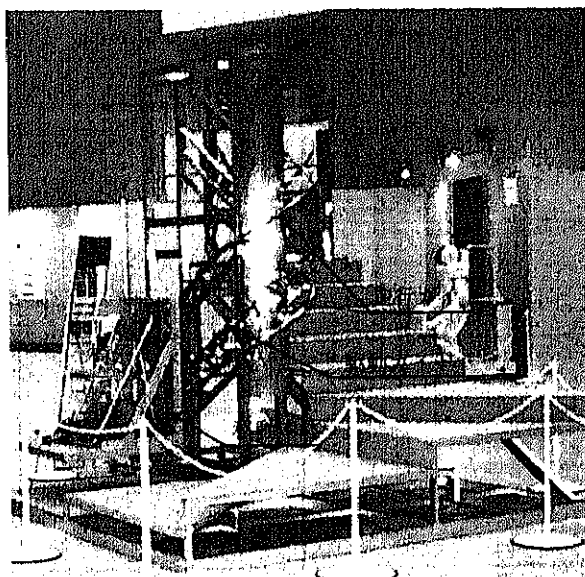


図 7.1 折返し階段とクローラ型階段昇降機全景

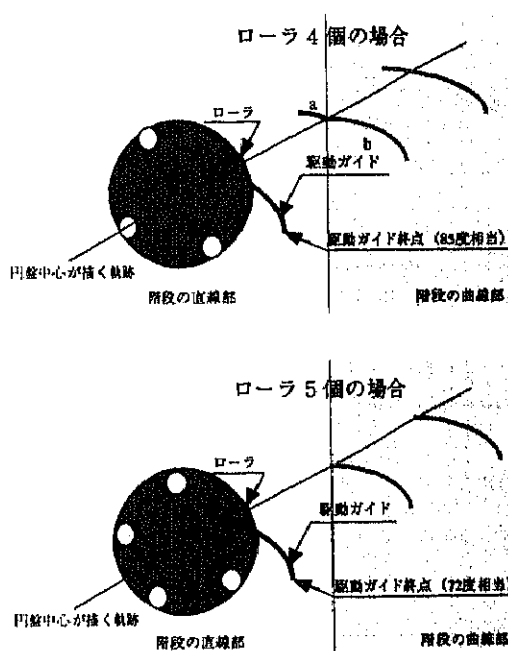


図 7.2 ローラ個数を 4 個から 5 個に増やすことによって、遷移部分の特殊駆動ガイドを必要としないことを説明した図

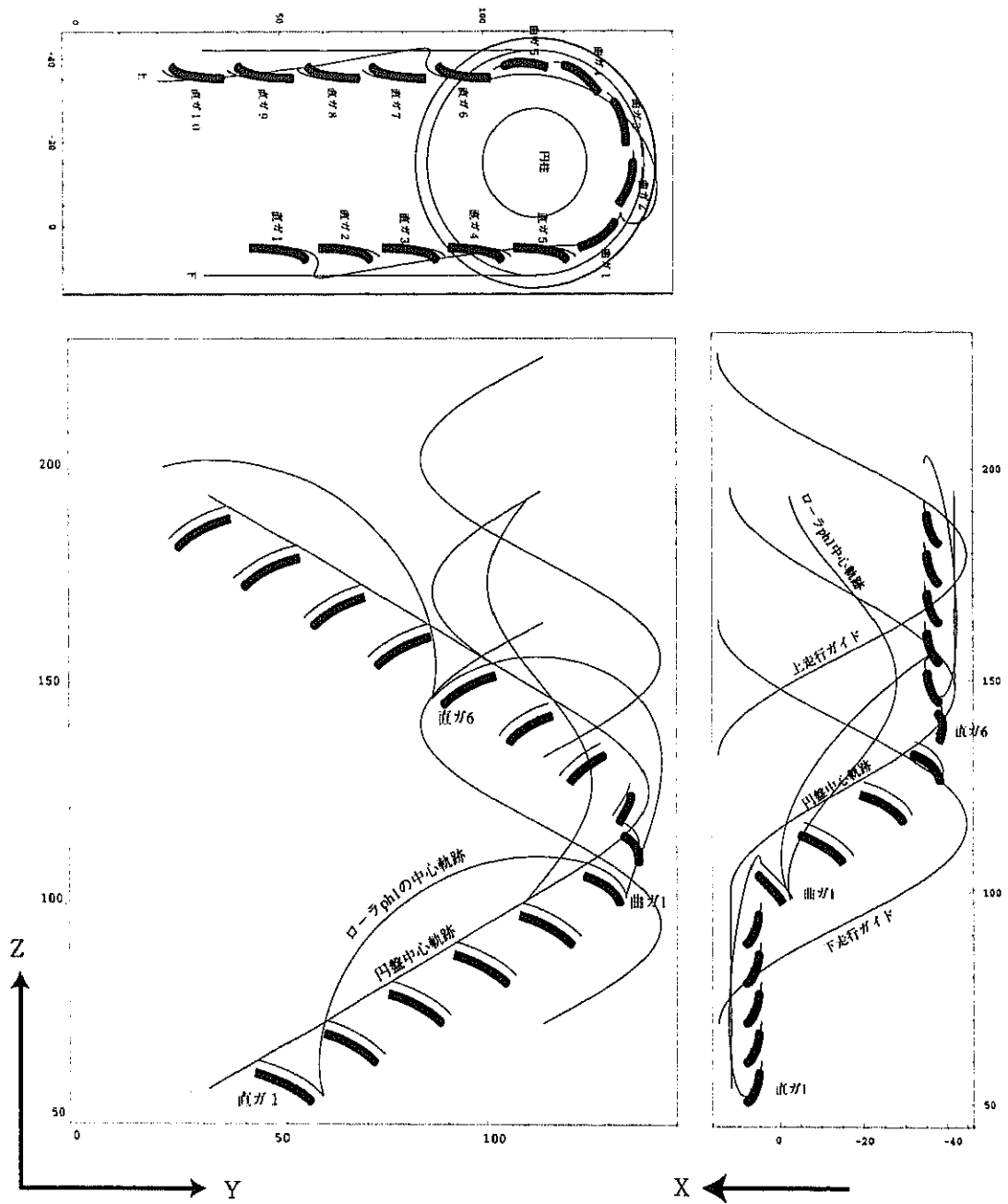


図 7.3 折返し階段対応クローラ型階段昇降機実証機用駆動ガイドの配置図
(参考のためローラ中心軌跡, 円盤中心軌跡も描かれている)

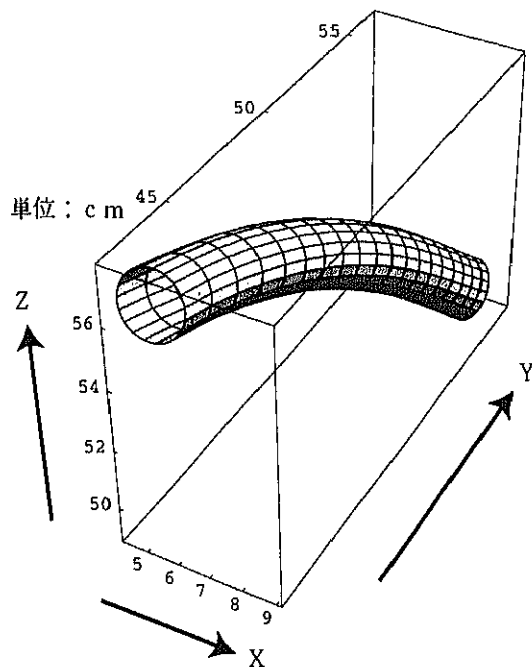


図 7.4 直線部駆動ガイドの 3次元表示

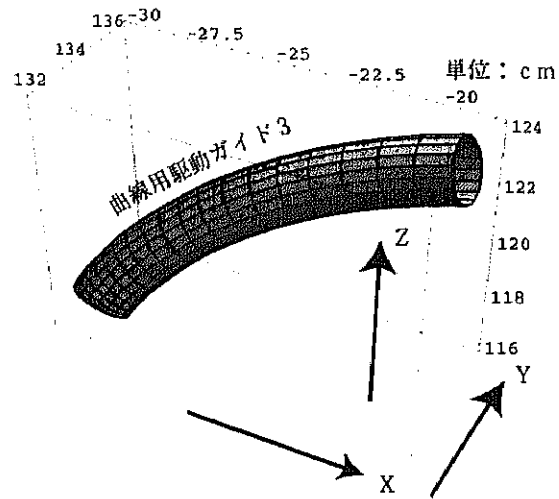


図 7.5 曲線部駆動ガイドの 3次元表示

4種類となる。すなわち、直線用、螺旋用、直線螺旋遷移用、螺旋直線遷移用である。

ローラが4個の場合、1個のローラが駆動ガイドと接する区間は回転円盤の回転角度にして90度、前後の余裕を見て約100度分必要である。円盤の回転角度90度に対応する駆動ガイドの終端部は曲率半径が0に近づきパイプ加工ができないため、通常75~85度に対応した部分を終端部としている。そのため、駆動ガイドの先端部は、回転角度-25~-15度に対応する部分にならざるを得ない。図7.2上部に示すように直線部から曲線部への導入部において、-25~0度に相当する部分が直線部（aと表示）、それ以降が曲線部（bと表示）であるような駆動ガイドが必要になる。曲線部から直線部に移行する曲線部を曲がりきったところでも同じ現象が起こる。そのため、直線用、曲線用以外に新たに遷移のための駆動ガイドが必要となり、合計4種類となる。

そこで、遷移部分で新たな駆動ガイドを必要としないようにローラの数をも5個とし、駆動ガイドの種類を直線用と螺旋用の2種類に減らすことにした。すなわち、1個の駆動ガイドに対応する回転円盤の回転角度が72度となるため、駆動ガイドを0度~72度の範囲で作成できるためである。直線-螺旋-直線から構成される折返しのある階段の設計図を図7.3に示す。直線部、螺旋部それぞれ5個の駆動ガイドで構成さ

れた。直線用駆動ガイドの3次元形状を図7.4に、曲線用駆動ガイドの3次元形状を図7.5に示す

クローラ型階段昇降機の実用性を確認するために、実証機では大人1人が搭乗できる強度を持たせた(図7.1)。移動本体の円盤とローラ位置、走行ガイドの位置関係と寸法を図7.6に示す。走行ガイド、駆動ガイドは、先に試作した直線階段、螺旋階段用プロトタイプと同じ径のパイプを使用した。移動本体に関してはフレームの強化を図り、階段に対して横向きに昇降できるように椅子を取り付けた(図7.7)。回転円盤の半径は15cmである。また、メンテナンスのしやすさを考慮してバッテリー駆動とした。直線階段、螺旋階段個別対応プロトタイプではモータドライバーなどは移動本体の外に設置したが、本実証機では電源バッテリー、モータドライバーは移動本体の椅子の下に取り付けられた(図7.8)。そのため、本体重量は従来のプロトタイプでは20Kgであったものが83Kgに増大した。それにともない、モータも60Wから300Wにパワーアップされた。電源電圧は108V(バッテリー9個)であり、減速機は減速比1/10と1/50のウォームギアの組み合わせである。男性大人1人

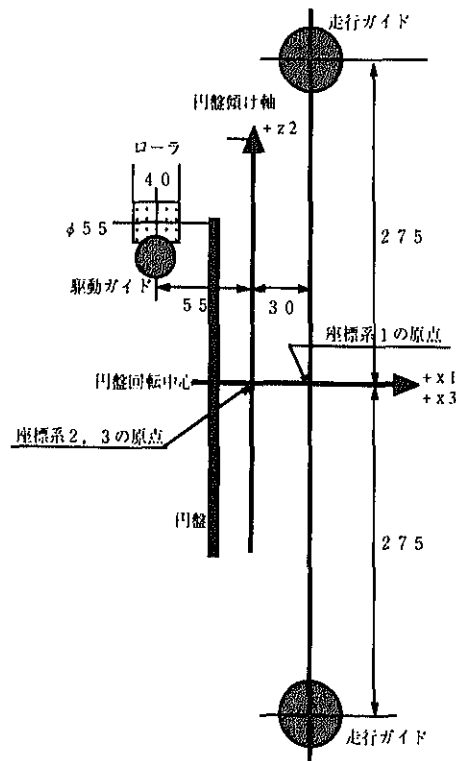


図7.6 折返し階段対応可能なクローラ型階段昇降機の主要部分の概略構造と寸法(単位:mm)



図 7.7 折返し階段対応クローラ型階段昇降機実証機

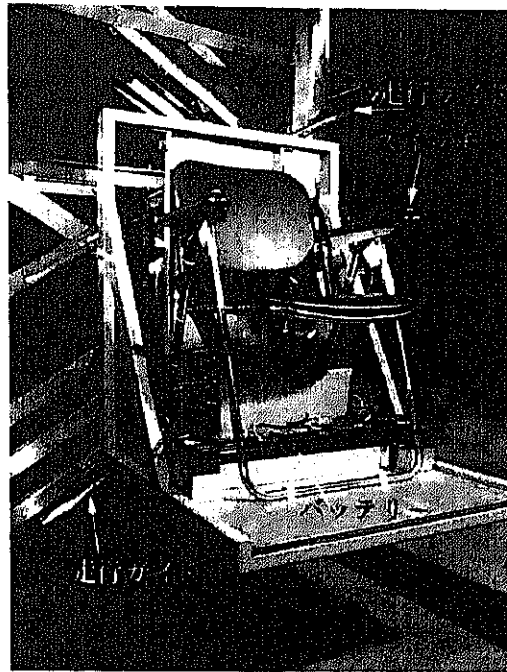


図 7.8 バッテリーはイスの下、スイッチはひじ掛けに設置

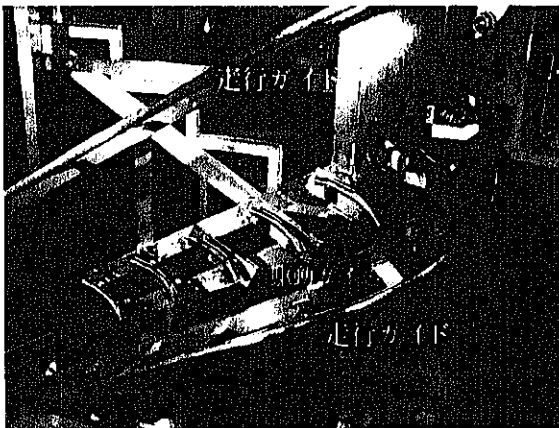


図 7.9 直線階段用駆動ガイドと曲線階段用駆動ガイド

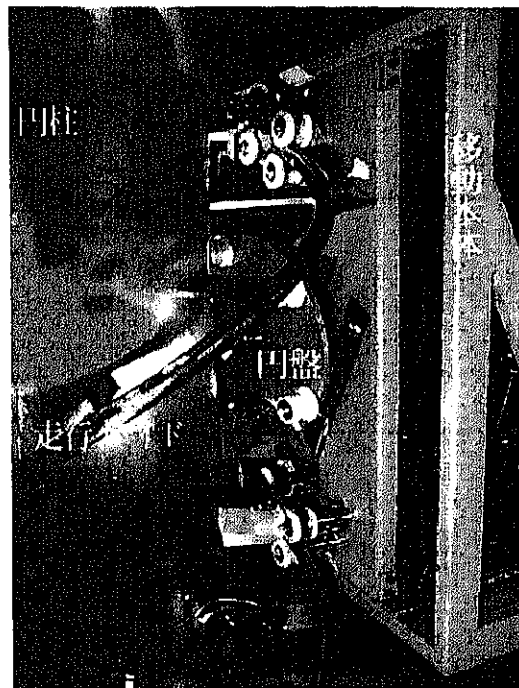


図 7.10 移動本体を後ろから見た図



図 7.11 直線部駆動ガイドの取付け
詳細

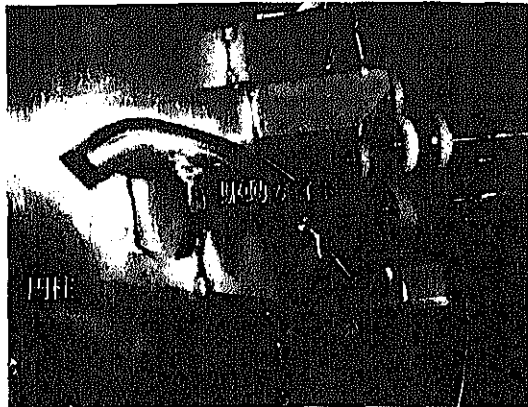


図 7.12 曲線部駆動ガイドの取付け
詳細

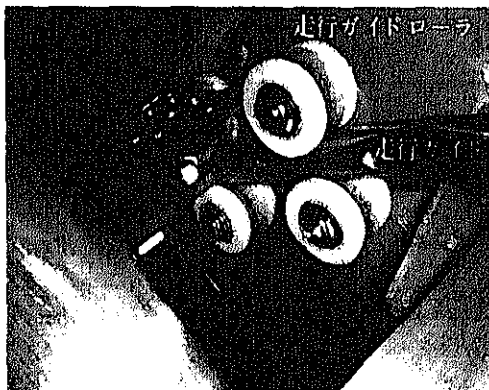


図 7.13 走行ガイドローラ

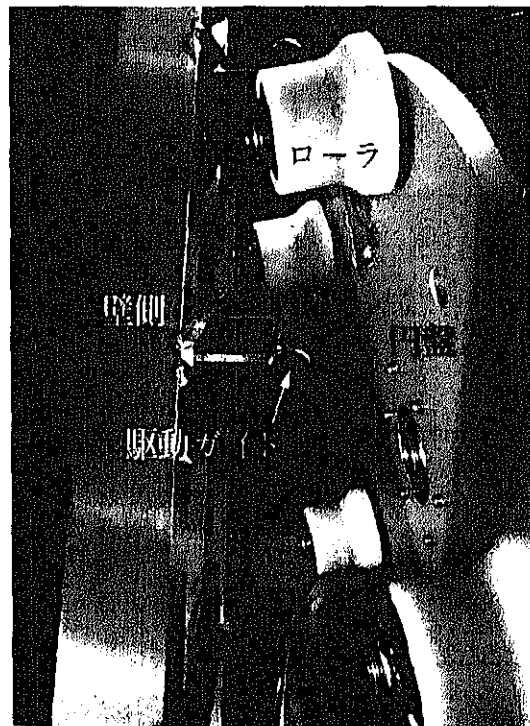


図 7.14 駆動ガイドとローラの接触

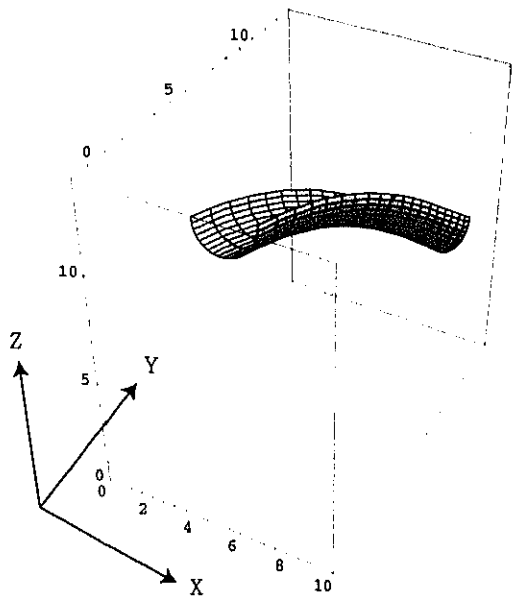


図 7.15 直線用駆動ガイドゲージの
主要部分である溝の形状

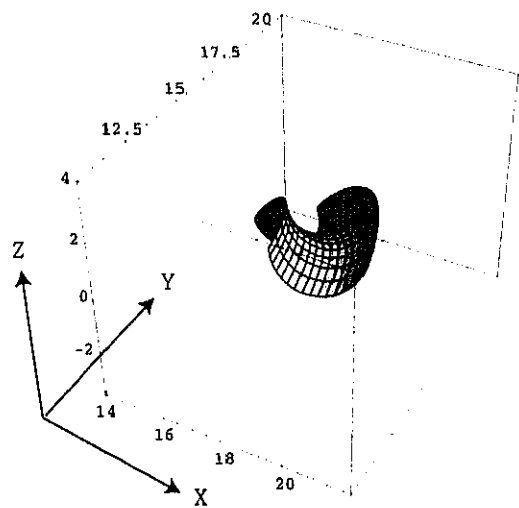


図 7.16 曲線用駆動ガイドゲージの
主要部分である溝の形状

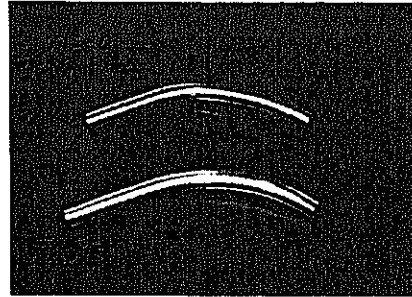


図 7.17 加工前の直線用駆動ガイド (下)
と曲線用駆動ガイド (上)

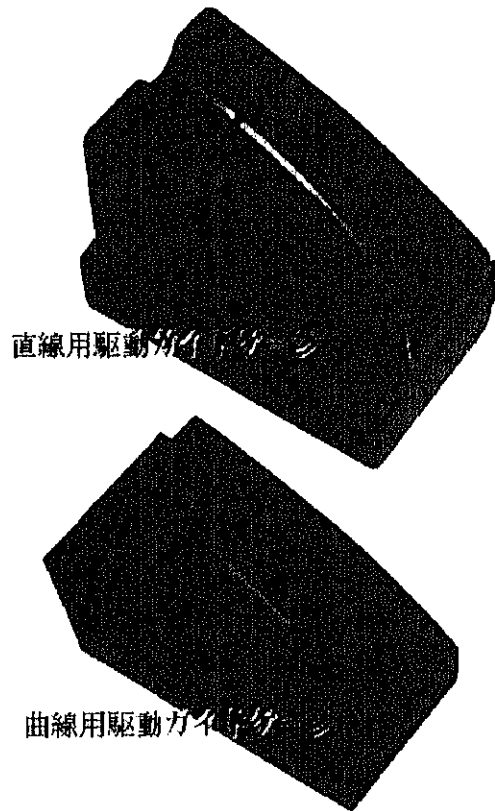


図 7.18 ワックスで製作された直線用
駆動ガイドゲージ (上) と曲
線用駆動ガイドゲージ (下)

表7.1 折返し階段駆動ガイド位置 (単位 cm)

	直線ガイド始点			直線ガイド中点			直線ガイド終点		
	x座標	y座標	z座標	x座標	y座標	z座標	x座標	y座標	z座標
1本目	5.3	42.5	56.7	5.8	49.2	54.2	8.2	55.6	49.9
2本目	5.3	58.8	66.1	5.8	65.6	63.6	8.2	71.9	59.3
3本目	5.3	75.1	75.6	5.8	81.9	73.1	8.2	88.2	68.7
4本目	5.3	91.4	85	5.8	98.2	82.5	8.2	104.5	78.2
5本目	5.3	107.8	94.4	5.8	114.5	91.9	8.2	120.9	87.6
	曲線ガイド始点			曲線ガイド中点			曲線ガイド終点		
	Z方向	円周長	角度	Z方向	円周長	角度	Z方向	円周長	角度
1本目	54.3	7.5	28.6	52.1	11	42	47.9	14.2	54.3
2本目	63.9	16.9	64.6	61.6	20.4	78	57.4	23.6	90.3
3本目	73.4	26.3	100.6	71.2	29.8	114	67	33.1	126.3
4本目	83	35.8	136.6	80.7	39.3	150	76.5	42.5	162.3
5本目	92.6	45.2	172.6	90.3	45.6	*	86.1	42.3	*
	上部直線ガイド始点			上部直線ガイド中点			上部直線ガイド終点		
	x座標	y座標	z座標	x座標	y座標	z座標	x座標	y座標	z座標
1本目	5.3	11.1	41.6	5.8	17.8	39.1	8.2	24.2	34.8
2本目	5.3	27.4	51	5.8	34.2	48.5	8.2	40.5	44.2
3本目	5.3	43.7	60.5	5.8	50.5	58	8.2	56.8	53.6
4本目	5.3	60	69.9	5.8	66.8	67.4	8.2	73.1	63.1
5本目	5.3	76.4	79.3	5.8	83.1	76.8	8.2	89.5	72.5

表7.2 プレート (直線部) とコマ (曲線部) 取付位置 (単位 cm, 度)

直線部	下部直線ガイドコマ取付け原点 (p1')			上部直線ガイドコマ取付け原点 (p1')		
	x座標	y座標	z座標	x座標	y座標	z座標
1本目	0	38.2	53.5	0	6.8	38.4
2本目	0	54.5	62.9	0	23.1	47.8
3本目	0	70.8	72.3	0	39.4	57.2
4本目	0	87.2	81.8	0	55.8	66.7
5本目	0	103.5	91.2	0	72.1	76.1
曲線部	前コマ取付位置		後ろコマ取付位置			
	Z方向	角度	Z方向	角度		
1本目	52.6	33.2	48.6	49.3		
2本目	62.1	69.2	58.2	85.3		
3本目	71.7	105.2	67.7	121.3		
4本目	81.2	141.2	77.3	157.3		
5本目	90.8	177.2	86.9	*		

を搭載して昇降できることを確認した。

直線部から曲線部への移行部分における駆動ガイドを図 7.9 に示す。曲線部と直線部の移行部分における昇降機の後ろ姿を図 7.10 に示す。図 7.11 は、直線用駆動ガイドの取り付け方を示している。図 7.12 は曲線用駆動ガイドの取り付け方を示している。階段上面から見た曲線部走行ガイドの中心線の曲率半径は 30cm である。なお、図 7.13 は移動本体を走行ガイドに沿って移動させるための上部走行ガイドローラを示している。図 7.14 は移動本体横から駆動ガイドとローラの接触関係を見た図である。

7.3 駆動ガイドの壁面への設置について

駆動ガイドの中心軸は 3 次元曲線であるため、駆動ガイドの壁面への取り付けは工夫が必要である。壁面への取付けは、駆動ガイドの位置 3 自由度と姿勢 3 自由度の計 6 自由度の固定を意味する。駆動ガイドの始点、中点、終点の各位置の座標値を表 7.1 に示した。

駆動ガイド用に曲げ加工された金属パイプは図 7.17 に示される形状で加工業者から納入される。パイプの両端は曲げ加工時の把持のための直線部が付加されており、必要な部分である中間部分を特定し切断する必要がある。そのために、図 7.18 に示すパイプ切断用ゲージを製作した。このゲージは、駆動ガイドパイプ中心線に沿ってかつ x 軸に平行な直線でカットした曲面を有するブロックを作成した後、さらにその曲面の上に、駆動ガイドパイプ形状を参考に半径を 0.5mm 太めにした半円を駆動ガ

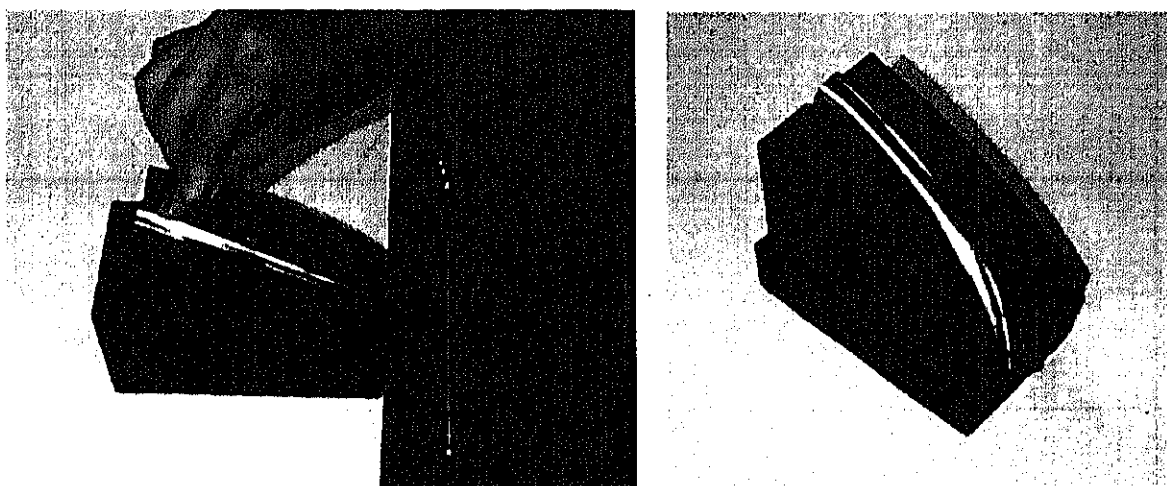


図 7.19 加工前駆動ガイドの必要部分を決定するために使用するゲージの使用
方法（左）と、その方法を用いて切断された駆動ガイド（右）

イドパイプ中心線に沿って溝状に切削したものである。駆動ガイドパイプをこの溝にぴったり合わせることでより姿勢決めを行い、切断すべき位置を決定した。図 7.15 は直線駆動ガイド用ゲージ、図 7.16 は曲線駆動ガイド用ゲージの主要部分の形状を示したものである。図 7.18 は、この形状データをもとにワックスブロックを 3 軸 NC フライス盤で切削加工したものである。図 7.19 に作業の過程を示す。この位置と姿勢決めは手の感覚で行うが、出来上がりから判断して位置で数ミリ、姿勢で数度の精度は得られたと思われる。これで納入されたパイプの必要部分の切断が行われた。

次に、切断された駆動ガイドを壁面に設置するために、先に製作したパイプ切断用ゲージの厚さ、高さを調整した姿勢決め用ゲージを用いた。直線階段部分においては、コマ付きプレートを用いた。コマとはプレートにパイプを固定するための脚の役目を果たす板材のことである。曲線階段部分においてはプレートは回転円盤と干渉する可能性が大きいため、コマを直接円柱に固定する方法を採用した。

取付けの詳細は次の通りである。直線部におけるコマ付きプレートの形状を図 7.21 に示す。コマが駆動ガイドと接する部分は V 字型にカットされ、コマの上面は駆動ガイドの傾斜に合わせて面取りされた。プレートは右下がり 30 度（階段は右上がり 30 度）で壁面に取り付けられるように計算された。駆動ガイドの姿勢決めは、コマ 1、コマ 2、プレートに合わせて幅をカットされた位置合わせ用ゲージ（図 7.20）を駆動ガイドの下に置くことによって行う。この方法によって、プレート、コマ、駆動ガイドの組み立てを安定した作業台の上で実行することが可能になった。組み立てを終わ

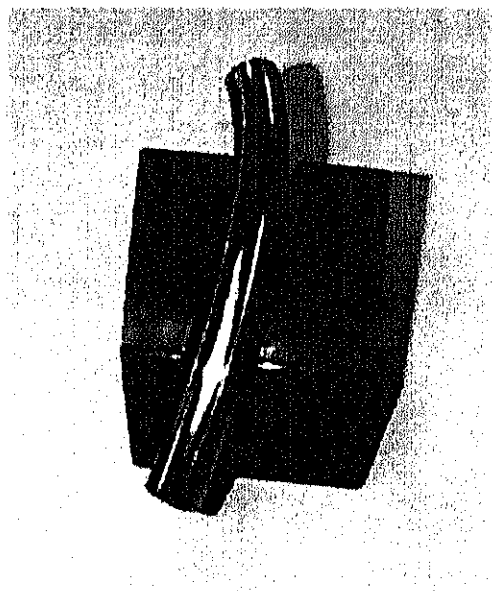


図 7.20 位置合わせ用ゲージ

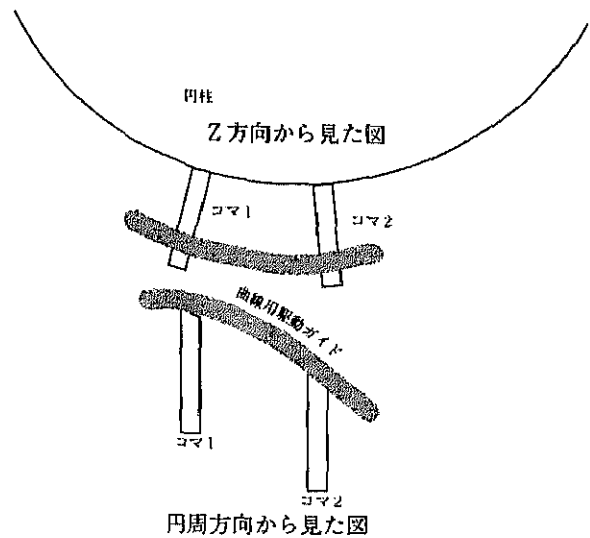
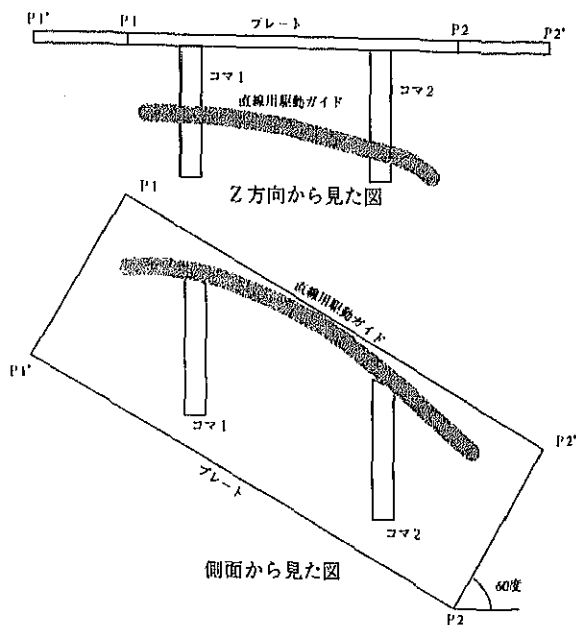


図 7.21 直線部駆動ガイドの取付け方法 図 7.22 曲線部駆動ガイドの取付け方法

った駆動ガイドは、プレートの傾きを30度にした状態で、プレートの位置 $p1'$ を表 7.2 に示す座標値に合わせることで壁面に取り付けられた。

曲線部に関しては平面プレートは用いずコマを直接円柱に取り付けた (図 7.22)。プレート以外の処理は直線用ガイドの場合と同じである。表 7.2 に示した数値は各コマの上部中心の値である。表中「Z方向」とは曲線部基準座標原点からのZ方向距離、「角度」は曲線部基準座標原点を通るz軸から測った角度である。表中*印は、角度が180度を超えることを表している。実証機では曲線部の柱は半円柱で製作されたため、180度を超える位置は計測できない。すなわち、曲線部5本目の駆動ガイドは曲線部にありながら、直線部と同じ取り付け方が必要であることを示している。

7.4 比較評価した市販階段昇降機

クローラ型階段昇降機と市販階段昇降機の特徴を比較評価した。評価項目は、騒音・振動である。市販階段昇降機として代表的なラック・ピニオン式、チェーン・スプロケット式を選定し、クローラ型階段昇降機は図 7.7 に示す折返し階段に対応した人が乗れる実証機と比較した。同一環境で比較するのが理想であるが、費用、スペー

スの関係で、似た環境を設定または選択した。

階段昇降機が設置された環境は次の通りである。クロール型階段昇降機は、鉄製Lアングルとステンレス円筒で構成された壁面に設置され、鉄製Lアングルを主体とした階段にボルト留めされた。ラック・ピニオン式は、鉄骨コンクリートビル（機械技術研究所研究本館）の階段に設置されたもの（図 7.23）と、軽量鉄骨一般住宅（ウェルフェアテクノハウス調布）の屋外に設置されたもの（図 7.24）を利用した。チェーン・sprocket式は、軽量鉄骨一般住宅（ウェルフェアテクノハウス調布）3階から屋上にかけての階段に設置されたもの（図 7.25）を利用した。

7.5 騒音の比較

騒音計は、デンマーク・ブリュエル・ケアー社製 2260 型騒音計と 4189 型マイクロフォンの組み合わせで使用し、1/3 オクターブスペクトルと等価騒音レベルを計測した。1/3 オクターブスペクトルの周波数帯域は 16Hz から 12.5KHz である。等価騒

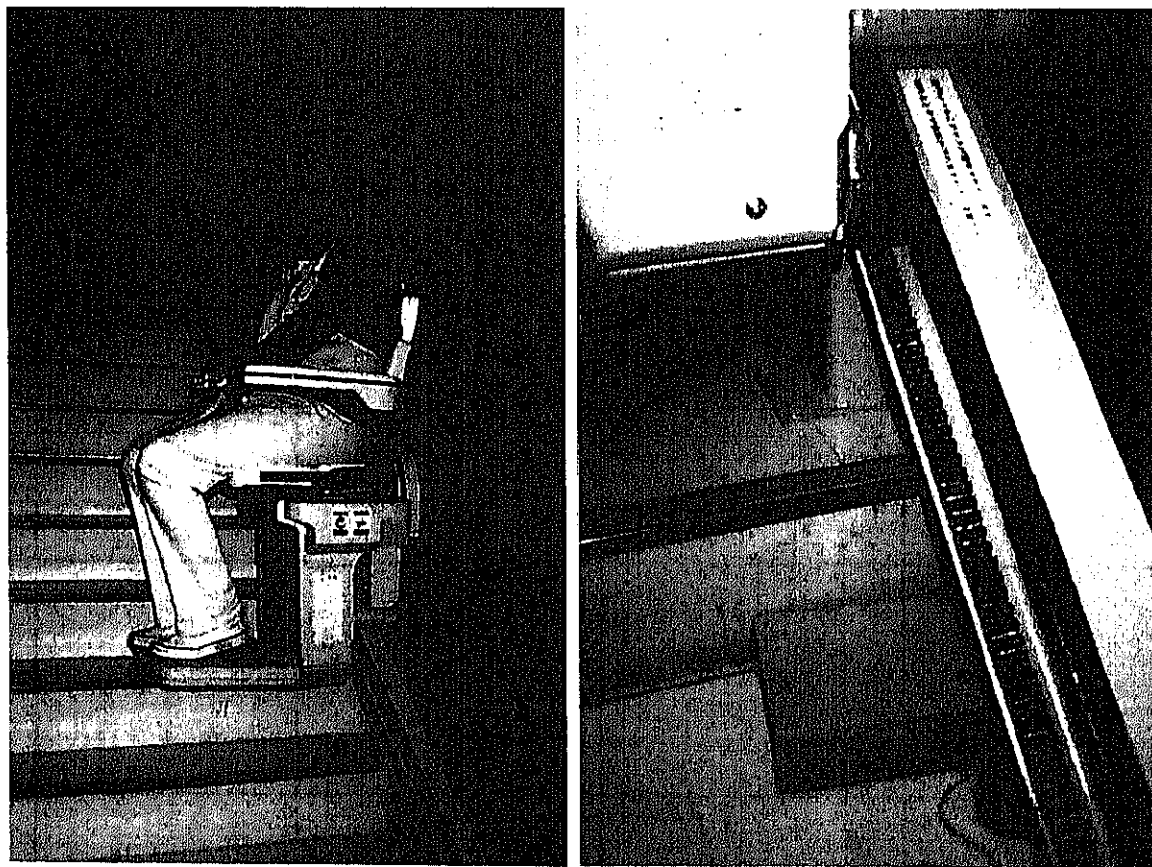


図 7.23 鉄骨コンクリートビル階段に比較のため設置されたラック・ピニオン式階段昇降機全景とラック部のクローズアップ



図 7.24 比較に用いた軽量鉄骨一般住宅の屋外設置型ラック・ピニオン式階段昇降機

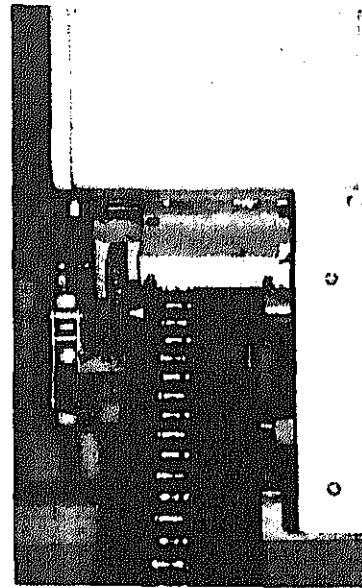


図 7.25 比較に用いた屋内設置型チェーン・スプロケット式階段昇降機のチェーン部の拡大

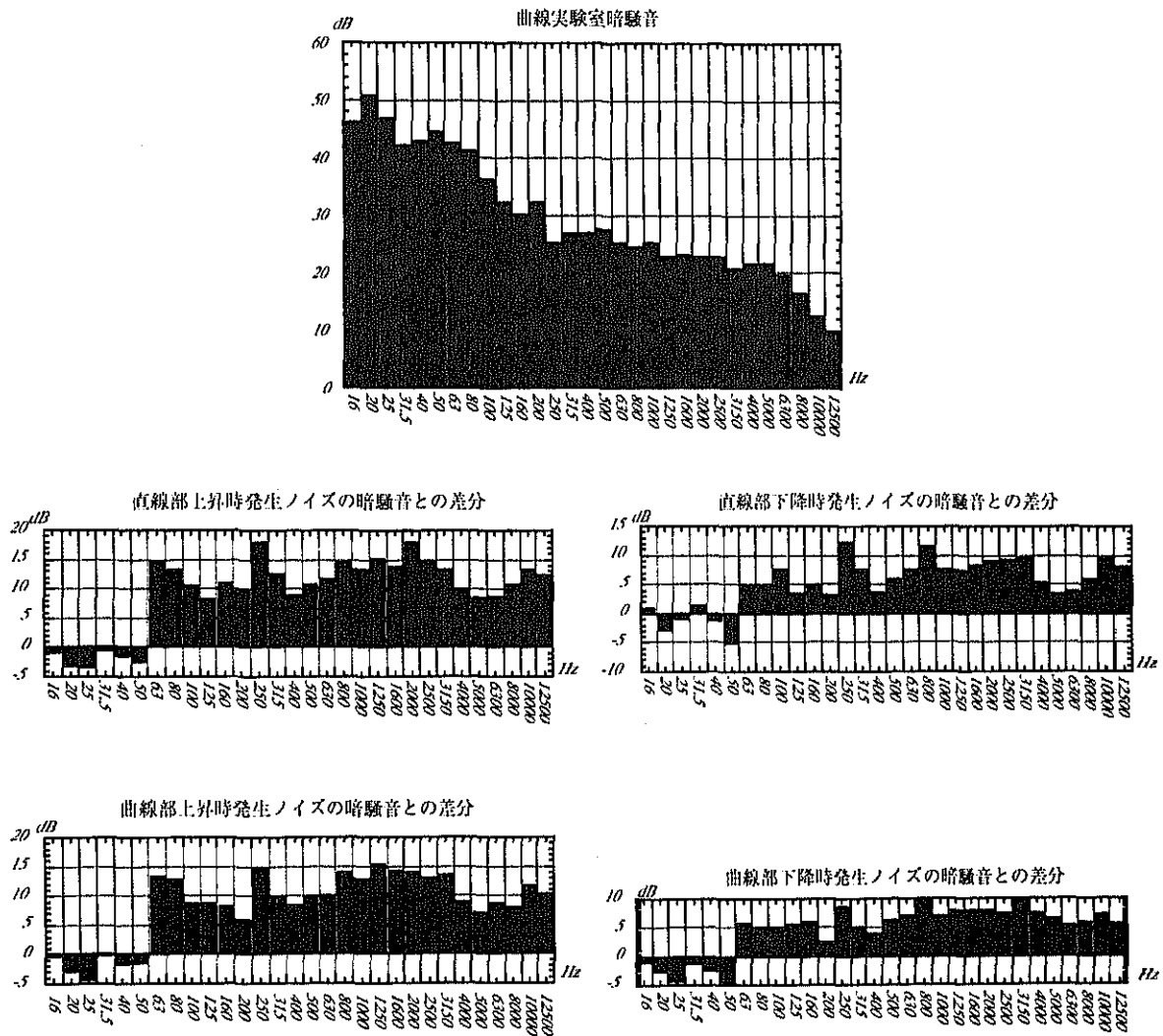


図 7.26 クロール型階段昇降機の走行時発生騒音のまとめ

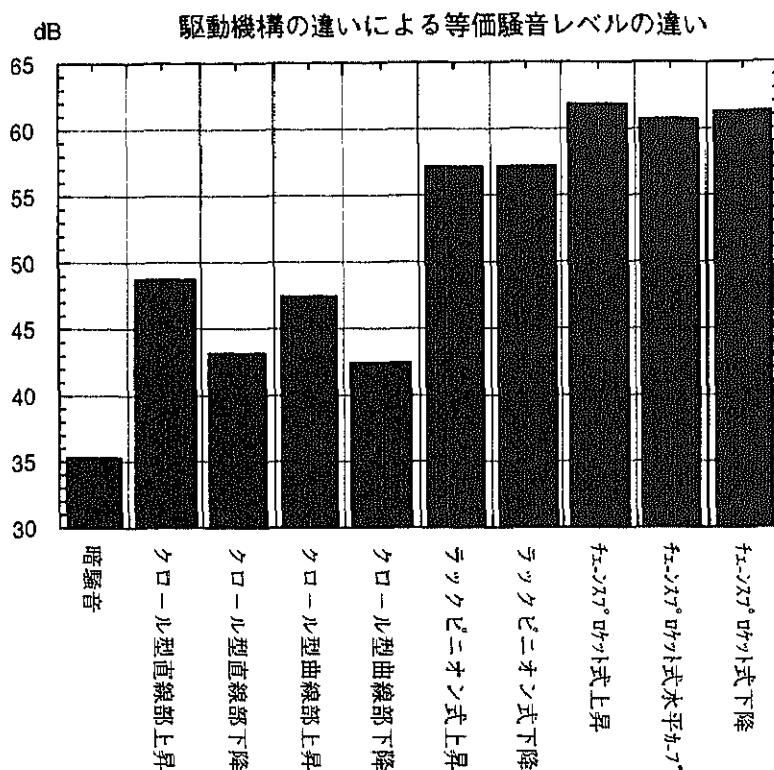


図 7.27 駆動機構の違いによる等価騒音レベルの違い

音レベルは人間の耳と同じフィルターを通したA等価騒音レベル (IEC 804 相当) である。搭乗者の耳に聞こえる騒音を計測するために、階段昇降機に腰掛けた姿勢で耳の位置にマイクロフォンをおいて計測した。

クロール型階段昇降機の騒音計測結果を図 7.26 に示す。図の一番上は、換気ダクトなど全ての騒音源を停止した状態の暗騒音を示している。この時の等価騒音レベルは図 7.27 一番左に示されているように約 35dB である。図 7.26 の下 4 つのグラフは、階段の直線部と曲線部を分速 1.5m の速度で昇降したときの騒音スペクトルを計測し、暗騒音との差分を示している。直線部、曲線部とも上昇時の騒音が下降時に比べて若干大きくなっている。また、250Hz と 1kHz~2 kHz のスペクトルが他に比べて大きなパワーを有している。

ラック・ピニオン式階段昇降機の周波数別の騒音を図 7.28 に示す。図中上のグラフが暗騒音、下の 2 つのグラフは上昇時及び下降時の暗騒音との周波数別差分を示している。1250Hz 近辺にピークを有しているのがわかる。

チェーン・スプロケット式階段昇降機の例を図 7.29 に示す。図中上部左が暗騒音、

図中上部右は水平曲線部走行時の差分，図中下部左は直線部上昇時の差分，図中下部右は同じ直線部を下降するときの差分を示している．100Hz～200 Hz の低周波域に大きなパワーが集中しているのが特徴である．

上記各駆動方式の動作別の等価騒音レベルで比較したものが図 7.27 である．概観するとクローラ型階段昇降機は 50dB 以下，ラック・ピニオン式階段昇降機は 57dB，チェーン・スプロケット式階段昇降機は 60dB 以上であった．チェーン・スプロケット式階段昇降機の設置場所は軽量鉄骨一般住宅の木造階段であったため，鉄骨コンクリートより若干大きめの数字を示したものと思われる．そのため，チェーン・スプロケット式，ラック・ピニオン式とも同じくらいの騒音レベルと思われる．一方，クローラ型は，平均すると 10dB 近くノイズレベルが低く，特に下降時のノイズレベルの低下は他の方式では見られない際立った特徴である．

7.6 振動の比較

振動計として，デンマーク・ブリュエル・ケアー社製 3 軸加速度センサー 4321 を座席背もたれの上部に取付け，シグナルコンディショニングアンプ 2692 を介してデジタルシンクロスコープに記録した．コンディショナーには 0.1Hz～10kHz のバンドパスフィルターが入っており，デジタルシンクロスコープには 500 サンプル/秒で記録した．3 軸の定義は，昇降機の取付けが昇り方向に向かって右壁になるか左壁になるかによって同一ではないが，壁からの法線を x 軸，天井方向を z 軸のそれぞれ正方向とする．y 軸正方向は右上がり，左上がり逆になる．

クローラ型階段昇降機においてセンサは，昇降機の金属フレームのうち進行方向と逆の角に設置した．図 7.30 は最も振動が激しい速度 2（3 m/分）有人状態で上昇したときの 3 軸の加速度を示している．図では見やすくするために，x 軸加速度を +5 m/秒²シフト，z 軸加速度を -5 m/秒²シフトした．図 7.31 は図 7.30 の x 軸加速度をフーリエ変換したものである．

ラック・ピニオン式階段昇降機ではセンサを背もたれの真ん中に取付けた．背もたれは垂直軸に対して 20 度ほど傾斜しているが，図 7.32 では得られた信号を基準座標系に座標変換している．図 7.32 では図 7.30 と同じく見やすくするためにシフトされている．8 秒付近の大きな振動はレールの継ぎ目によるものである．図 7.33 は図 7.32 の x 軸加速度をフーリエ変換したものである．この階段昇降機の移動速度は 20 秒間に 205 センチである．ラックのピッチは 50 センチの間に 53 ピッチであった．すなわち，20 秒間に 217.3 ピッチ通過したことになり，1 秒間に 10.9 ピッチ通過することに

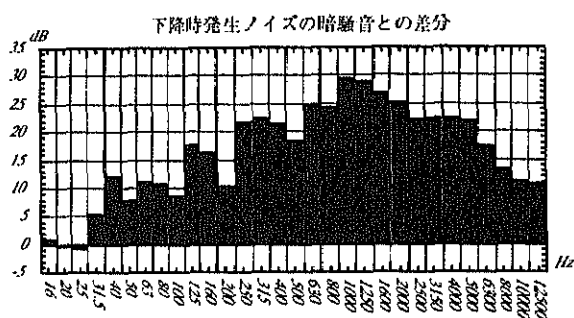
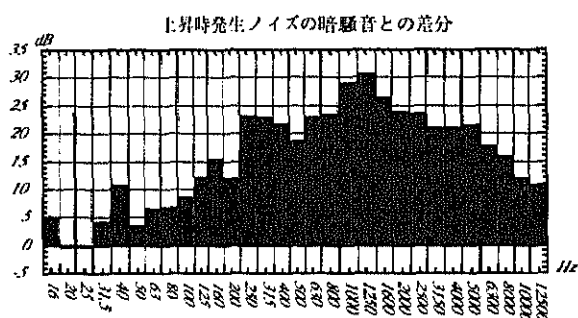
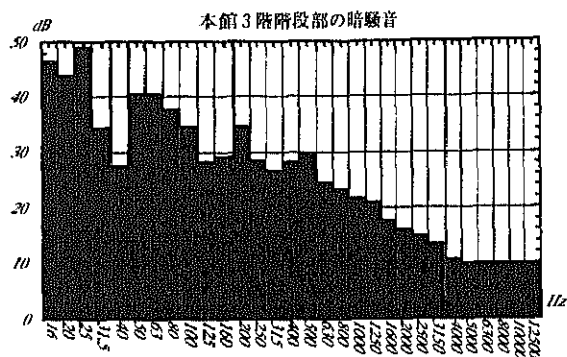


図 7.28 ラック・ピニオン式階段昇降機の走行時発生騒音のまとめ

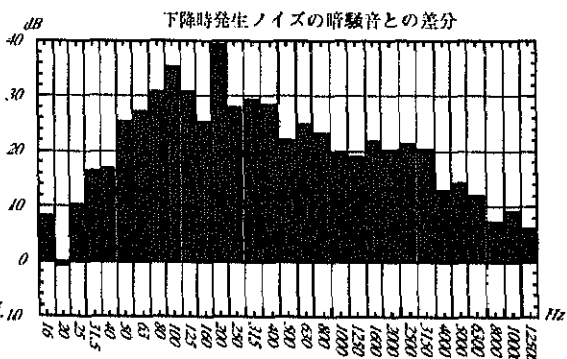
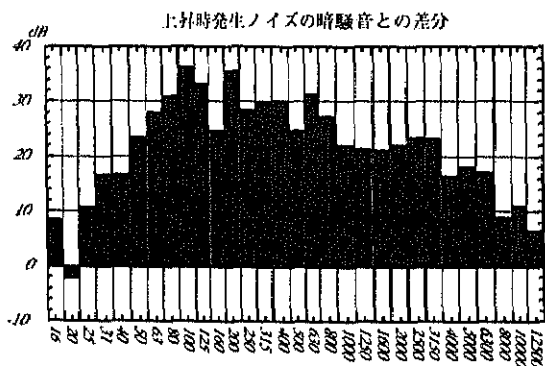
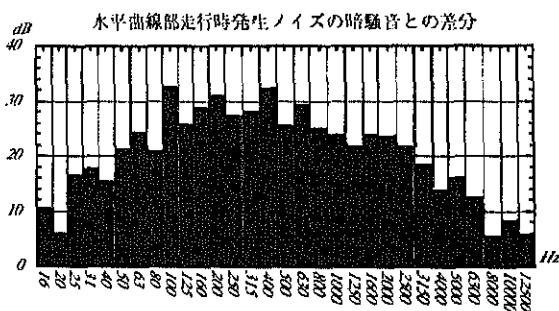
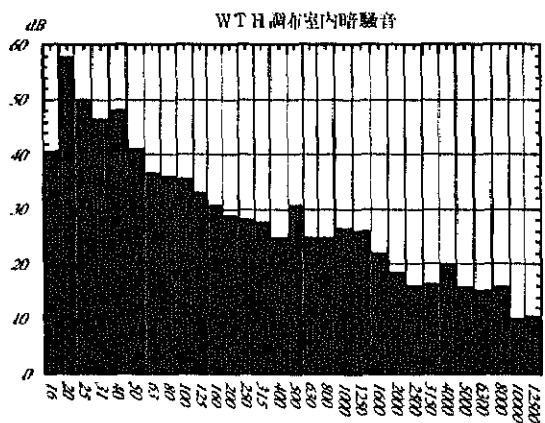


図 7.29 チェーン・スプロケット式階段昇降機の走行時発生騒音のまとめ

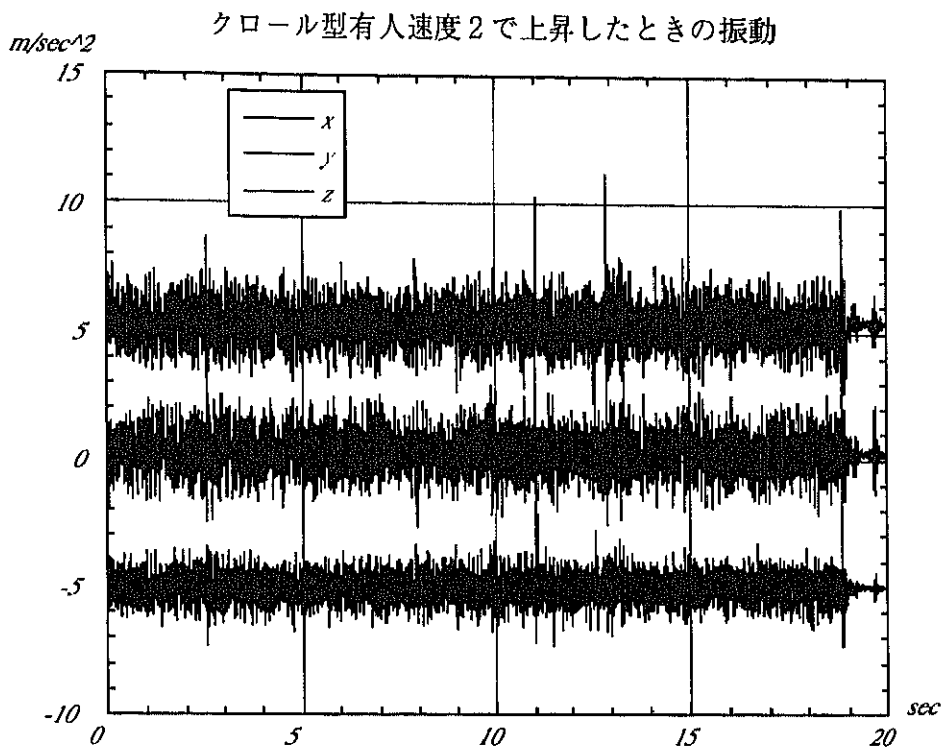


図 7.30 クロール型階段昇降機の走行時振動（加速度）の計測データの1例
横軸：時間（単位：秒），縦軸：加速度（単位：m/秒²）

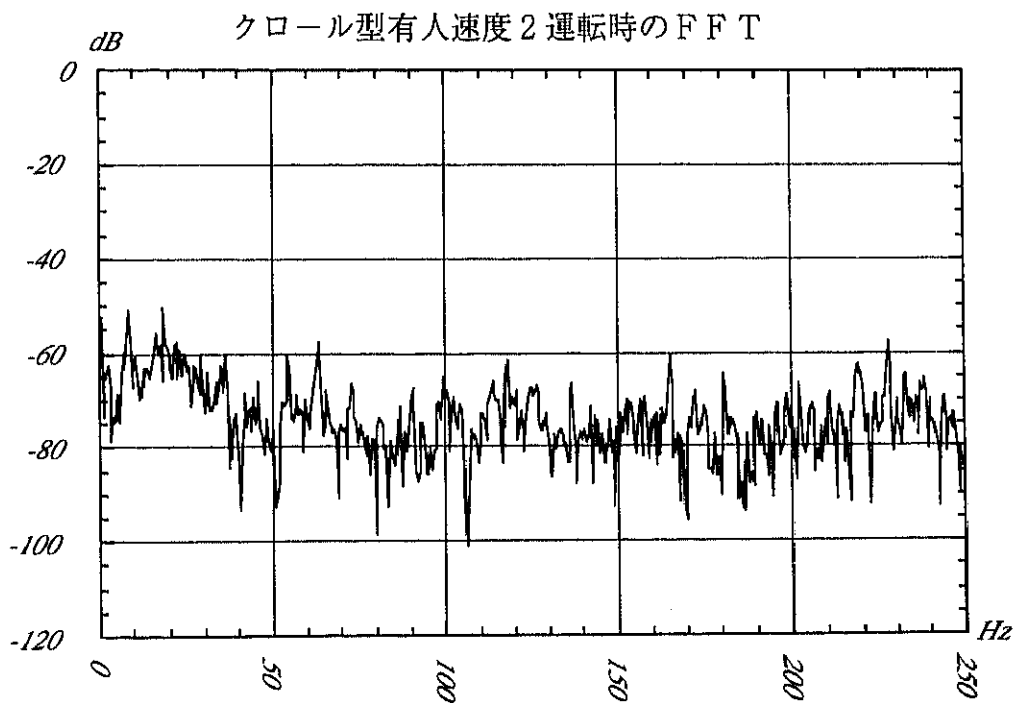


図 7.31 クロール型階段昇降機の走行時振動（加速度）計測データ（図 7.30）の周波数パワースペクトル

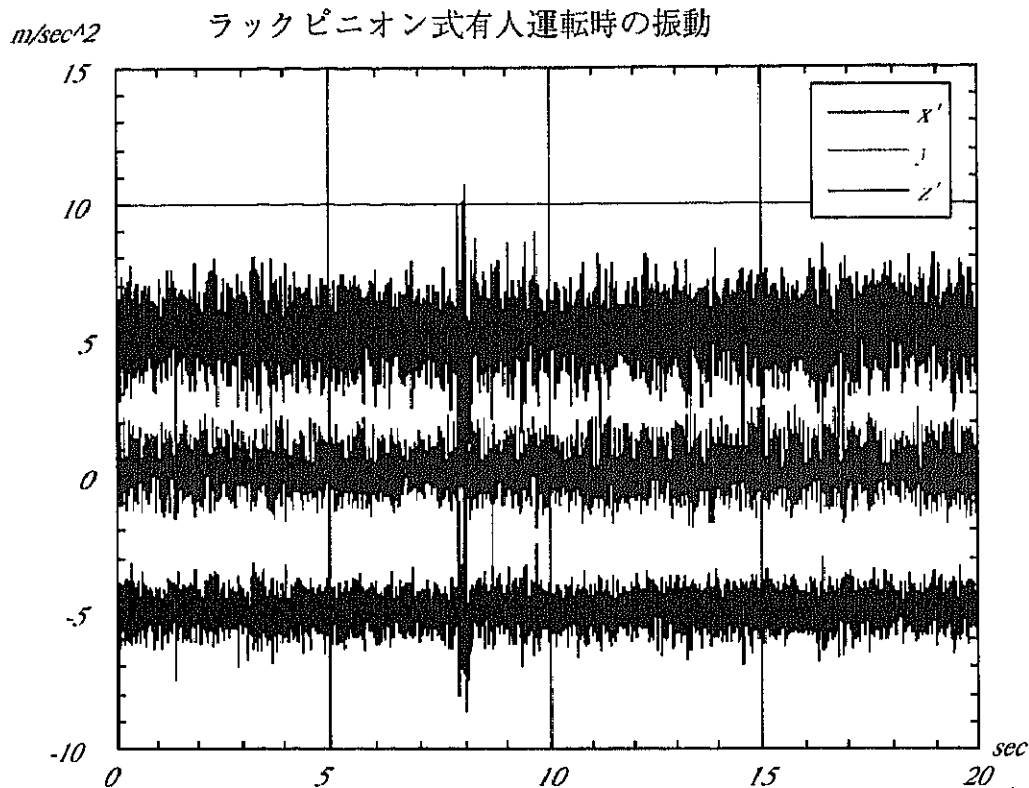


図 7.32 ラック・ピニオン式階段昇降機の走行時振動（加速度）の計測データの1例。横軸：時間（単位：秒），縦軸：加速度（単位：m/秒²）

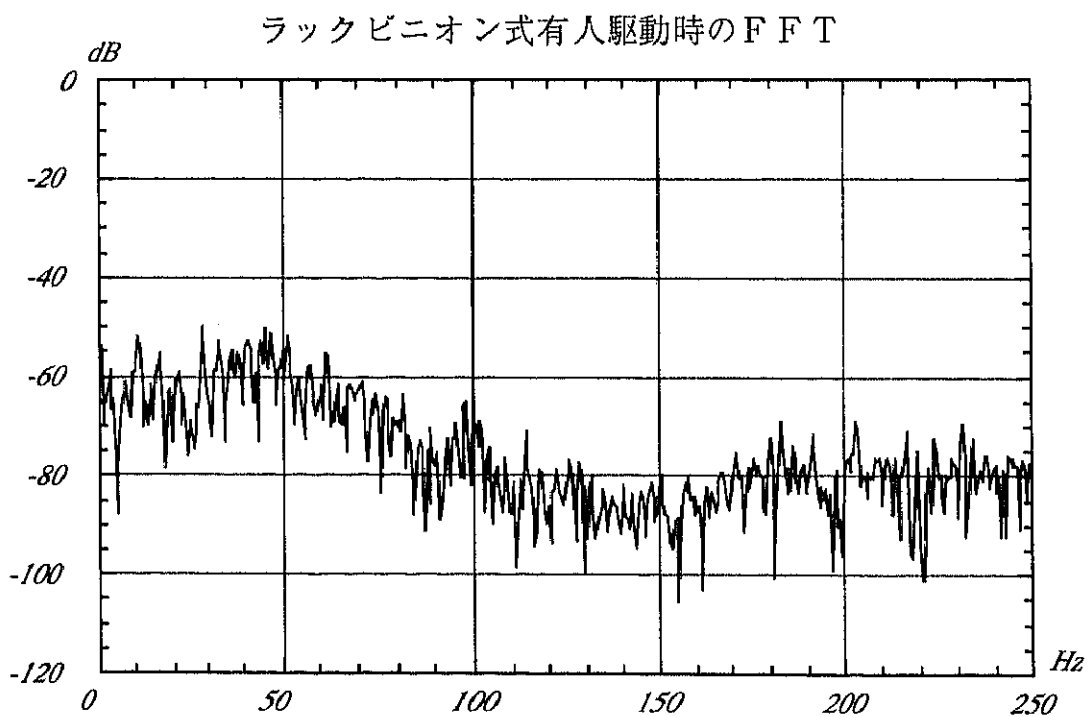


図 7.33 ラック・ピニオン式階段昇降機の走行時振動（加速度）計測データ（図7.32）の周波数パワースペクトル

表 7.3 各駆動方式の振動（加速度）標準偏差

	x	y	z
調布屋外無人上昇	1.52	1.68	0.99
調布屋外有人下降	2.21	3.44	1.86
調布室内無人上昇	2.16	2.41	0.81
調布室内有人上昇	2.12	2.4	1.1
調布室内無人水平曲り	1.53	4.3	0.9
スギヤス有人	0.98	0.81	0.55
スギヤス無人	0.86	0.7	0.46
クロール有人速1上昇	0.49	0.52	0.29
クロール有人速2上昇	0.73	0.73	0.5
クロール有人速1下降	0.43	0.42	0.24
クロール有人速2下降	0.56	0.57	0.36
クロール無人速1上昇	0.31	0.46	0.18
クロール無人速2上昇	0.23	0.27	0.11
クロール無人速1下降	0.54	0.92	0.4
クロール無人速2下降	0.34	0.49	0.25

(単位：m/秒²)

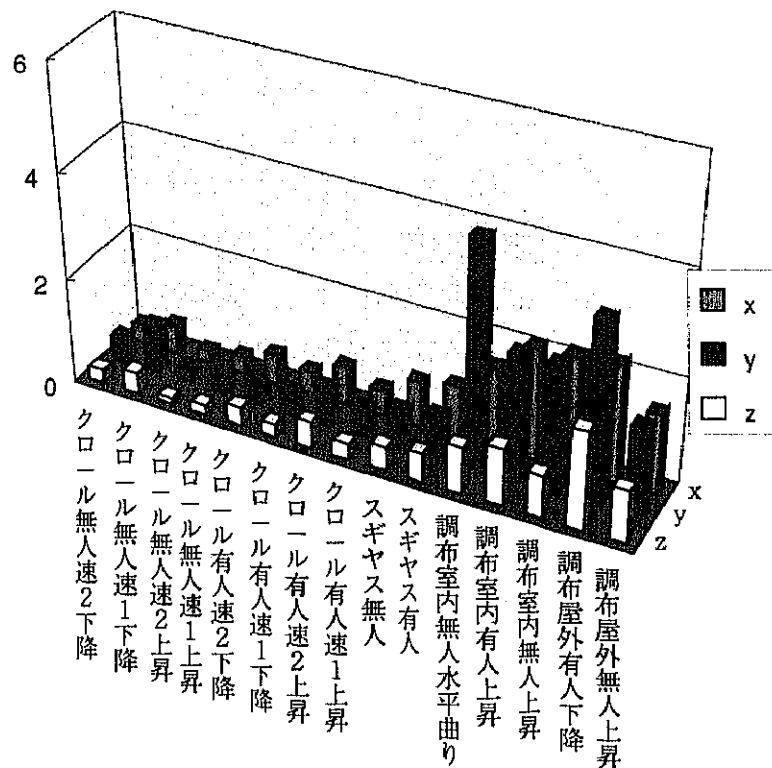


図 7.34 駆動方式別の振動（加速度）のまとめ
(表 7.3 の立体棒グラフ)

なる。図 7.33 の 11Hz におけるピークはその振動のものと思われる。また、図 7.33 は図 7.31 に比較して 30~50Hz の振動が大きいことがわかる。

振動の度合いは得られた加速度データの標準偏差で評価した。クローラ型階段昇降機、ラック・ピニオン式階段昇降機、チェーン・sprocket式階段昇降機の各動作モードにおける加速度の標準偏差をまとめたものが表 7.3 である。また、3次元棒グラフとして表現したものが図 7.34 である。騒音と同じく、クローラ型<ラック・ピニオン式<チェーン・sprocket式、の傾向が見られる。

7.7 消費電流計測

評価項目ではないが、消費電流は各駆動方式の特徴を表している。クローラ型移動機構では第 4 章における解析で示したように駆動ガイドに沿うモータトルクは一定である。しかし、摩擦の存在下でモータトルクが変動することも示した。ここでは電流の計測によってそれを確認する。比較のため、ラック・ピニオン式階段昇降機の消費電流についても計測した。

クローラ型階段昇降機用電源はバイク用 12V バッテリー 9 個を直列に接続している。日置のクランプオン電流計 9276 をカレントモニタ 3270 に接続し、デジタルシンクロスコープで毎秒 500 サンプルの精度で記録した。クランプオン電流計の周波数帯域幅は DC~1MHz (-3dB) である。DC モータは約 20KHz の PWM 変調されているために、クランプオン電流計では正確に波形が観測できるが、記録は PWM40 波に一回のためエイリアスが発生する。

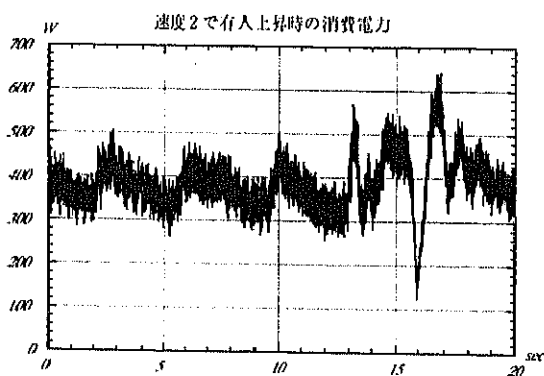


図 7.35 クローラ型階段昇降機の消費電力

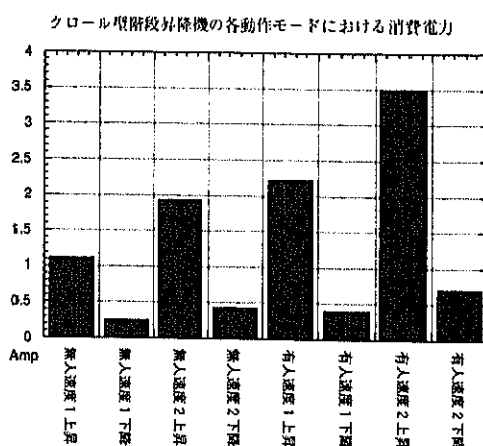


図 7.36 クローラ型階段昇降機の動作別消費電力

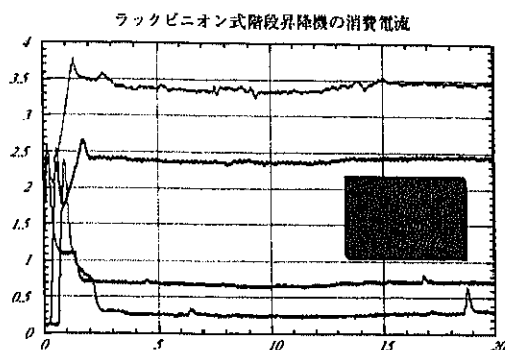


図 7.37 ラック・ピニオン式階段昇降機の動作別消費電流の時間変化

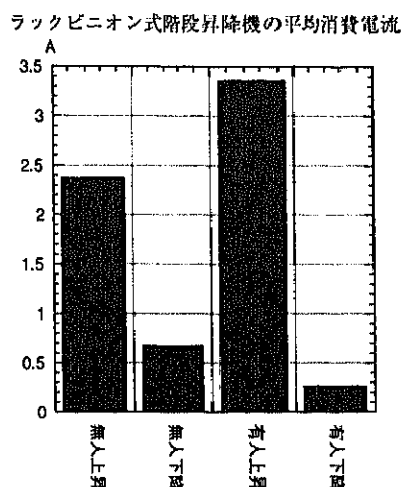


図 7.38 ラック・ピニオン式階段昇降機の動作別平均消費電流

図 7.35 は速度 2 (3 m/分) 有人状態で上昇したときの消費電力を示している。前半の 3.5 個の波形は、移動本体と走行ガイドの間の摩擦とローラと駆動ガイド間の摩擦によって消費電力が変動していることを示している。山の部分が駆動ガイドの始めであり消費電力は約 400W、駆動ガイド終端で消費電力が最も小さく約 300Wを示しており、約 30%の変動である。この変動は 4.3.6 で述べた解析手法を用いると摩擦係数は約 0.15 に相当する。4.3.6 で述べた解析手法は平行円盤の場合であり厳密には違いはあるが、摩擦係数の目安にはなると思われる。図の後半は曲線用駆動ガイド 2 本分を示している。直線部ほど明確ではないが、駆動ガイド形状の変化に伴う消費電力の変動が見られる。移動本体は上下 1 組のみのローラで摺動自在に支持されているために、曲線部では z 軸周りの回転が間欠的に発生する。そのために一個の駆動ガイドの通過時に間欠的回転の影響が消費電力の乱れとして現れるものと思われる。クローラ型階段昇降機の各動作モードにおける消費電流の比較を図 7.36 に示す。下降するときも速い速度で下降するときの方が消費電力が大きい。

ラック・ピニオン式階段昇降機は商用電源を利用しており、消費電流計測に日置のクランプオン電流計 3264 を使用した。アナログ出力信号は時定数 120ms である。有人、無人、上昇、下降の各動作モードの消費電流波形を図 7.37 に示す。クローラ型階段昇降機の場合と違うのは、有人下降するときの消費電流は無人下降するときの消費電流よりも小さいということである。5 秒から 10 秒の間の平均値で比較したも

のが図 7.38 である。

7.8 本章のまとめ

クローラ型移動機構の実用性を評価するために、折返し階段対応階段昇降機の実証機を試作した。試作における駆動ガイドの壁面への設置手法について述べた。クローラ型移動機構の目指した低騒音・低振動を確認するため、他の市販階段昇降機と比較した。7.4 節において評価対象機種を駆動方式の違いによって選定した。駆動方式としてクローラ型移動機構のほか、ラック・ピニオン式、チェーン・sprocket 式を選定した。7.5 節で、騒音計測結果について述べた。マイクロフォンは搭乗者の耳元においた。等価騒音レベルと周波数別音圧レベルを計測し、クローラ型移動機構が確かに他の 2 方式に比較して 10dB 程騒音レベルが低いことを確認した。7.6 節で、振動計測結果について述べた。振動に関してもクローラ型移動機構が他の 2 方式に比較して振動レベルが低いことを確認した。7.7 節で、消費電流計測結果について述べた。クローラ型移動機構の摩擦の影響が電流変動で確認された。

クローラ型移動機構は駆動ガイド上をローラが回転運動するため、低騒音・低振動が期待されたが、実証機によって確認された。