

第8章 結論

高齢社会の進展に伴って、車椅子利用者が増大している。また一方、社会の活性を維持し、車椅子利用者の自立促進と生き甲斐増進のために彼らの社会進出が望まれている。しかし、社会インフラ整備の遅れのために駅など公共的建物においてすら段差・階段が多数存在している。エレベータ、エスカレータなど従来技術を用いた解決が試みられているが、広いスペースと大きな資金を必要とするために遅々として進んでいない。個人住宅における階段昇降機に関しても、関連企業が従来型中小企業であるために新たな技術の開発は期待できない状況であった。騒音・振動を発生する可能性の高いチェーン・sprocket、ラック・ピニオンを使用した移動機械を室内に持ち込むこと自体重大なミスマッチであり、インシュレータの付加などによるその場しのぎの対策では将来にわたる使用は保証されない。

筆者はこのような問題を機構の根本に立ち戻って解決するために、チェーン・sprocket、ラック・ピニオンに替わる新たな機構の開発に取り組み、クローラ型移動機構という新たな原理を考案した。その機構の階段昇降機への適用を試み、直線階段、螺旋階段用プロトタイプを試作した。さらに、直線階段と螺旋階段を組み合わせた折返し階段用実証機を試作し、従来市販機種との比較評価を行うことにより充分所期の目標を達成していることを確認した。本論文では、著者の開発したクローラ型移動機構を提案し、その階段昇降機への応用を述べた。

8.1 各章の結論

第2章では、福祉機器、階段昇降機の現状と課題について述べた。階段昇降機の開発を急ぐ背景には急速な高齢社会の進展とそれに伴う歩行介助を必要とする半健康な高齢者の増加があるからである。階段昇降機に限らず福祉機器開発と普及の必要性を日本の人口動態から述べた。日本の福祉機器開発の現状と問題点、さらに新たに階段昇降機を研究開発すべき必要性について階段昇降機の現状技術と問題点から述べた。

第3章では、クローラ型移動機構の原理について解説した。動力を有する円盤が回転するとき円盤周縁部の一点が仮想的に描く曲線から発想を展開し、この仮想的に描く曲線に円盤周縁部を倣わせることによって、円盤を取り付け

た本体の推進力を得ようとするものである。

第4章では、平行円盤を使用したクロール型移動機構の2次元平面への適用に関して述べた。前半では2次元平面の直線軌道について述べた。後半ではクロール型移動機構をさらに円弧軌道の外接式および内接式に適應できるように拡張した。このような2次元平面内移動では回転円盤傾斜角が0度である平行円盤にできることを微分幾何学を用いて示した。2次元平面に限られたクロール型移動機構では、駆動ガイドが2次元平面ラックとして構成できることを示した。さらに、ローラ軸にかかる力から滑り係数の有効範囲とそれを用いたトロコイド曲線について示した。

第5章ではクロール型移動機構の3次元空間への拡張に関して述べた。折り返しのある階段の内側走行が階段昇降機の最終目標である。クリアすべきことは曲線部のできるだけ内側を走行することである。そのため傾斜円盤方式を採用した。直線部と曲線部から構成される折返し階段に適用できるためには、曲線部の走行と直線部の走行が移動本体の回転円盤の回転だけで可能でなければならない。傾斜円盤方式で直線部、螺旋部とも走行できることをプロトタイプ試作によって確認した。直線階段対応モデルでは移動本体は上下各2点の走行ローラで走行ガイドに設置され、螺旋階段対応モデルでは上下各1点で支持された。それ以外の移動本体の構造は両モデルにおいて全く同一であった。クロール型移動機構の移動本体はシンプルな構造で製造は容易であるが、駆動ガイドを本章で述べたパイプで構成すると施工上工夫が必要である。実用化にあたってのいくつかのアイデアについても述べた。

第6章ではクロール型移動機構の実用化を念頭において、平行円盤方式と傾斜円盤方式の比較を行った。評価の基準は、移動が物理的に妨げられないこと、ローラ軸圧力が小さいこと、駆動ガイドが容易に製作できること、である。評価パラメータとして、階段傾斜角、円盤傾斜角、ローラ数、半径比、ローラ長さ、ローラ半径、を用いた。

第7章では折返し階段対応クロール型階段昇降機実証機の試作と評価について述べた。実証機は大人一人が搭乗でき、折返し階段の内側走行を可能とした。所期の目的である走行時の低騒音、低振動を評価するため、代表的な市販階段昇降機2機種（1つはラック・ピニオン駆動方式、いま一つはチェーン・スプロケット駆動方式）と評価比較を行った。騒音・振動ともクロール型階段昇降機がもっとも小さいことを確認した。

8.2 クロール型移動機構の特長

クロール型移動機構は、噛合う一對のサイクロイド歯車において、一方の歯面が回転自在なローラに置き替わったものと解釈することができる。回転自在なローラに代わったことによって、潤滑が必要でなくなり潤滑油に伴う汚染など一般家庭でもっとも嫌われる問題が一挙に解決した。歯面同士の摩擦、機械設置に適していない木造家屋への設置に伴う機構調整の経年変化、などが存在するために従来方式では騒音・振動は解決できない問題であったが、クロール型移動機構ではローラと駆動ガイドの接触に厳密さが要求されないため、機構調整の経年変化に伴う騒音・振動は低いレベルに押さえることが期待される。低振動・低騒音以外に様々な特長を有しており、実用機が開発されれば従来機構に取って代わるポテンシャルを有している。

低騒音・低振動以外のクロール型移動機構を階段昇降機に適用したときの特長は次の通りである。

- 1) 駆動ガイドは、健常者にとっては手すりに相当する走行ガイドより壁側にあるため、これらガイドが健常者の歩行の妨げになることはない。すなわち、健常者との共存が可能である。
- 2) 駆動ガイドはパイプで構成され、ローラがその上を滑るだけであるから、潤滑の必要がない。そのため健常者の手や衣服を汚すことがない。また、駆動ガイドは上面のみを使用するので、下面に飾りを付けることによって機械のイメージを和らげることもできる。
- 3) 駆動ガイド、走行ガイドともパイプで構成され、鋭いエッジがないため、子供などが不注意によって怪我することはない。
- 4) モータと回転円盤はウォームギアで連結されているために、停電によって円盤が回転することはない。また、クロール型移動機構はローラ数を一定として円盤半径を大きくできるため、大きなモジュールを構成できる。そのため、通常のラックに比べて歯を乗り越えての滑落の可能性は極めて小さく、その意味で極めて安全なシステムである。また壁面部に一切可動するものが無いため、極めて安全である。
- 5) 構造が極めてシンプルであるため、低コスト化が期待される。
- 6) 直線階段においては、駆動ガイド形状は階段の傾きに独立である。

8.3 実用化および普及のための方策

現在クロール型移動機構を用いた実用機の開発は数グループで行われてい

る。イス型階段昇降機の実用化は茨城県北臨海地域の中小企業グループ9社で始められた。大人一人が腰掛けるイスを備えた、ペイロードがもっとも軽いタイプで、個人家屋の屋内屋外での使用を念頭において開発が進められている。階段昇降機の出荷台数は日本全体で年間4000台であるが、その1/4を扱う商社の積極的な支援を受けている。

クローラ型移動機構を6～8人乗りモノレールカーの駆動部として用いる研究が福岡の企業で始められた。最近増加している斜面地に建設されるテラス型マンション群の基底部と各戸玄関までを結ぶ通勤通学用としての利用が主で、深夜でも運転可能な移動機械の実現が望まれるため、クローラ型移動機構が採用された。山間、ゴルフ場などあらゆる斜面移動、コミュニティー交通など適用範囲は広い。

車イス利用者の社会参加が進むにつれて電動車イスで駅などを利用する機会が増えているが、JRなど利用される側にとっては、持ち上げる人数の確保と重労働のために利用者との人間関係が悪化しているとの指摘がある。クローラ型移動機構を電動車イスにオプションとして設置し、階段壁面に走行ガイドと駆動ガイドを設置することによって、電動車イスそのものが階段壁面を昇降するというアイデアを提案し、九州北部3県の共同研究プロジェクトとして採用された。このシステムではインフラとしての走行ガイドと駆動ガイドが極めて安価に実現できるため、長崎の企業が中心となって積極的に開発している。

さらに、歩道橋用エレベータとしての利用について東京のコンサルタント会社と設計を進めている。具体的な企業のアプローチはないが、電源の供給の期待できない緊急時において身障者・高齢者でも使用可能な緊急避難装置も提案している。上記実用化が進み、クローラ型移動機構が実用機として世の中に出てくれば、その長所短所を含めた実態が明らかとなり、高速を必要としないあらゆる移動機構への適用がさらに具体化するものと期待している。