

トランサポータ

— 日本初のリフトアップ式階段昇降機



(株)TS テクノロジ
代表取締役 中務 栄治

はじめに

歩行が困難な人の移動手段として、車椅子の利便性は、誰もが認めるところである。

平地では、便利な車椅子であるが、階段を通過するとなると容易ではない。人手で担いで移動するには、2人以上の介助者を必要とするので、大きな負担になる。

車椅子を人手で担ぐ場合、一段ごとに車体を持ち上げるが、この時の人手の一部をモータの力で代行することにより、介助者1人でも階段を移動できるようにしたものが、リフトアップ式である。

リフトアップ式として、いくつかの方式が商品化されているが、トランサポータの発売は、2005年の秋であり、日本初とはいえ、輸入品に比べると後発と言える。ここでは、メーカーの視点から、トランサポータの特徴と安全に係わる仕様について、ご紹介したい。

1 平地走行と階段昇降

トランサポータの形は、介助用車椅子を基にしている。これは、車椅子の利便性を保ちながら、平地走行の延長上で、階段昇降を可能にするためである。

車椅子を基本にしていると言っても、何がどう違うのか、外観を見ても分かり難いのであるが、具体的には車輪のサイズがポイントになる。介助用車椅子は、JISで、次のように定義されている。

「ハンドリムはなく …… 前輪はキャスタ …… 後輪は中径車輪 (1) 以上で構成したもの。」(注 (1) 車輪の大きさを …… “中径車輪” は、呼び 12 以上 18 (インチ) 未満 …… を指す。) [JIS T 9201 :1998]

この定義からすると、車輪サイズが 12 インチ以

上でないと、車椅子とは言えない。因みに、介護保険の対象となる介助用車椅子も、JISの定義が基になっている。

車椅子の定義に、車輪サイズが謳われているのは、走行性能が車輪サイズによりほぼ決まるからである。即ち、車輪が小さくなると、路面の凹凸の影響を受け易くなり、操作性や乗り心地が低下する。

トランサポータの場合、平地では、車椅子並みの仕様にしたということ、通常の介助用車椅子と同様の車輪サイズにしている。

車輪のサイズは、走行時だけでなく、昇降時にも影響する。リフトアップ式の昇降動作は、段差においては、フットで車体を支えながら上下に動かし、踏面においては、車輪で車体を支えながら前後に動かすことになる。即ち、踏面は、極小さな平地と言える。このため、踏面において車体を前後に押し引きする時の負担は、車輪が大きい方が軽くなる。

このように、車輪のサイズが大きくなると、負担の軽減に繋がるのであるが、一方で、車輪が大きくなると、踏面が狭い階段には適用できなくなる。

トランサポータの場合、適用可能な階段の寸法は、蹴上げ (段差の高さ) 21cm 以下、踏面 24cm 以上としている。公営住宅などの階段では、建築基準法により、蹴上げ 20cm 以下、踏面 24cm 以上となっているので、通常、問題なく通過できる。一戸建ての場合、二階への階段は、狭くて通過できない場合が多い。外回りの階段は、それなりのスペースがあり、通過できる場合が多い。なお、蹴込み板の無い透かし階段については、フットが踏面の下に入り込む可能性があるため、安全を優先して適用外としている。

2 フットの動きと高さの測定

トランスポータの動作は、人の動きを手本にしている。人の場合、踏面に足を置いた時に、踵寄りにある重心が、体が前に進むにつれて爪先の方に移動し、最後は踵を浮かして爪先で蹴り上げる。

この重心移動を真似るために、フットを円弧状にして、踏面の上を回転させながら動かすようにしている。これにより、重心の下を支えながら車体を持ち上げることができる。

階段を前にした人は、次のように、まず状況をチェックしている。

- ① 段差の状況を見ながら、高さに応じた動きをする。
- ② 高さが0、即ち、段差から離れている時や平地においては動かない。
- ③ 姿勢が傾いて重心が安定しない時は、動かない。

段差の高さについては、フットの先端付近に設けたLEDの光スイッチで測定している。高さとは踏面の縁の高さであり、光スイッチがONする最大の高さを測定している。このため、たとえ踏面の下が空いていても、測定精度には影響しない。

光スイッチの検知範囲をフットの先端から5cmに設定しているため、段差の縁がこれよりも離れていると、光スイッチはONしない。これにより、段差の高さだけではなく、段差との間合いも検知することができる。即ち、段差から離れている時には、測定高さが0となり、平地と見なして昇降動作に移らない。因みに、平地は、高さが0の段差と見なすことができる。この場合の、高さに応じた動作とは、動作をしないことである。

車体の傾きについては、傾斜センサで測定している。昇降を始める時の車体の角度として、 $20^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 後傾した角度を設定している。この条件を外れた姿勢では、操作スイッチを押しても動かない。

フットの構造は、段差の高さに応じた動きをさせるために、2つのリンクからなり、2つのモータで駆動している。

昇段時におけるフットの動きは、次のようになる。

- ① フットが段差に近付き、高さを測定する。高さが0の時は、次の昇降動作に移らない。
- ② フットが車輪の接地点の近くに接地し、車体を持ち上げる。
- ③ フットが重心の下を支えながら、段差の高さに応

じて車体を押し上げる。

- ④ 車体が上の踏面に載ると、フットを上げて元の動作位置に戻す。

段差の高さに応じた昇降動作を行う上で、高さの測定には信頼性が要求される。この面から、光スイッチは、左右のフットに1つずつ、合計2つ付いている。機能的には、1つで済むが、2つ使用することにより、故障検知が可能になる。即ち、2つの光スイッチによる高さが異なる時は、異常とみなして昇降動作に移らない。

因みに、フットを駆動するために、2つのモータを使用しているが、これについても故障検知をしている。この場合、段差の高さに応じて、フットが正しい昇降動作を行うには、2つのモータの回転角が、相互にある一定の関係を保ちながら動く必要がある。回転角が、この条件から外れた時は、モータの異常とみなして直ぐに動作を停止する。

3 操作スイッチと戻りの動作

上の内容は、昇降動作を始める時の条件チェックに関連しているが、動作を始めてから、何らかの理由でバランスを崩しそうになることは有り得る。

特に、昇段の時は、車体を持ち上がるにつれて重心の位置が高くなり、ハンドルを支える負担が増加する方向になるので、バランスを崩し易くなる。

実際に、人が階段を上る時も、何かの拍子で、上体が遅れて上の段に上りきれず、体がふら付く時がある。この時の人の動きは、直ぐに足の動きを反転させて、元の段に戻るようにしている。即ち、できるだけ早くバランスを崩す前の状態に戻すことにより、バランスを回復することができる。

この動作を可能にするために、トランスポータでは、操作スイッチを降段用と昇段用に分けて、夫々左右のグリップに設けている。スイッチの操作は、グリップ式であり、人差し指でスイッチボタンを押している間は動作し、放すと停止する。昇段と降段の両スイッチを押した時は、降段が優先される。

操作者は、ハンドルを支えながらスイッチ操作を行うが、車体が前傾してバランスを崩しそうになると、何も考えなくても反射的にグリップを握り締める。この動きによって、両スイッチが押されるようにしている。両スイッチが押されると、直ぐに降段動作に切り替わり、元の段に戻る動きをする。

人の場合、一旦上の段に重心が移行して安定した後、後ろ向きに元の段に戻ることは、それなりに危ない動きになる。トランスポータの場合も、両スイッチを押して戻りの動作になるのは、昇段動作の前半だけにしている。

操作スイッチを昇段用と降段用の2つに分けることにより、戻りの動作が可能になるが、その他にも、故障検知の効果を持たせることができる。スイッチの故障として、接点が固着してON状態が続くという不具合がある。このような場合も、両方のスイッチを押すことにより動作を中断することができるので、止まらずに動き続けるという異常を、防ぐことができる。

4 昇降ブレーキと動作チェック

昇降ブレーキは、車輪が踏面から滑り落ちるのを防ぐものである。トランスポータの昇降ブレーキは、ドラムを使用しない直接式である。

構造は、踏面の縁でガイド輪が下がり、この動きによりブレーキシューが踏面に接触してブレーキが掛かる。この動きは機械的であり、電気は関係ないので、電源がOFFの時や、電池が空になったような場合でも、ブレーキは効く。

昇降ブレーキの動作チェックは、平地において、空車で車体を大きく後傾させる時に、ブレーキが効

くことにより行える。直接式の場合、ブレーキシューが摩耗すると、先ず、平地で滑りが生じるようになる。このため、段差の縁で滑りが生じる以前に、ブレーキの異常をチェックすることができる。

昇降ブレーキは、昇降時には必須であるが、一方で、走行の際に、路面に凹凸があると、ブレーキが掛かることがある。例えば、小さな段差を通過したり、駅のプラットフォームから電車に乗る時は、通常の車椅子のように押して進むことになるが、段差や溝の縁でブレーキが掛かると、前に進めなくなる。

これを防ぐために、走行の際に、ハンドルを当りまで縮めると、ブレーキシューが地面から離れて、昇降ブレーキが無効になるようにしている。これにより、平地走行において、通常の車椅子と同様にスムーズな走行が可能になる。

当然のことながら、昇降の際には、階段に近付く前に、ハンドルを必要な高さまで伸ばして、昇降ブレーキを有効にする必要がある。

5 操作性と梃子の原理

リフトアップ式では、車体を上下に移動する力は、主にモータが担うが、操作者がハンドルを支えて、バランスを保つ必要がある。

リフトアップ式の操作性は、主に、このハンドルを支える負担により決まる。ハンドルを支える負担が大きくなると、バランスを崩し易くなり、ハンドルが軽く操作できると、バランスを保ち易くなる。このため、安全の面からも、ハンドルを支える力をどの程度軽くできるかが、ポイントになる。

リフトアップ式の操作性を検討する上で、技術的な拠り所は、いわゆる「梃子の原理」である。

この場合の梃子は、下から順に、支点（フット）、作用点（重心）、力点（ハンドル）の配置になる。

この梃子は単純ではなくて、フットが駆動すると、支点と作用点、及び、支点と力点の長さが変わる。また、フットが接地する時と、車輪が接地する時で、支点の位置が変わる。

梃子の原理を基にして、操作性に影響を与える事項をまとめると、次のようになる。

①重量：

作用点の重心に加わる重量は、主に利用者の体重になる。操作者は、力点のハンドルを介して、利用者の体重を部分的に支えることになる。即ち、



利用者の体重に比例して、ハンドルを支える負担が大きくなる。

車体の重量については、利用者の体重に加算されて、ハンドルを支える際の負担になる。このため、車体は、できるだけ軽い方が良い。

② ハンドルの長さ：

基本的には、ハンドルを長く伸ばす程、支点から力点の間が長くなるので支え易くなる。但し、ハンドルが肩の高さよりも高くなるような状況では、ハンドルから受ける反力の影響が大きくなって体の方がふら付くことになり、逆効果になる。この面から、ハンドルの適切な長さは、操作者の身長によっても異なる。

③ フットのストローク：

フットが伸びると、支点から重心までの間が長くなるので、ハンドルを支える負担が増える。このため、フットを必要以上に伸ばさない、言い換えると必要以上に車体を持ち上げない方が支え易くなる。

因みに、利用者から見ると、上下動が少なく、それだけ乗り心地が良くなる。また、不要な上下動が少なくということは、パワーの消費が抑えられるので、省エネにもなる。

④ 車輪とフットの接地点：

車輪が接地している状態から、フットが接地して車輪が持ち上がる時に、支点の位置が移動することになる。このため、両者をできるだけ近付ける方が支え易くなる。

⑤ 車輪のサイズ：

車輪を介して車体を支える場合、車輪の径は、大きい方が支え易くなる。但し、大きすぎると踏面に載らないので自ずから制限を受ける。

⑥ フットのR：

車輪の径と同じように、大きい方が支え易くなる。但し、車輪の径と同じように、自ずから制限を受ける。

⑦ シートの高さ：

同じ重量でも、シートの高さをできるだけ下げ、重心の位置を支点に近付ける程、支え易くなる。

次に、具体的な操作方法であるが、梃子の原理からして、支点が、重心の真下にある時に、最も負担が軽くなる。この状態が理想であるが、実際には、車体が前傾し過ぎないように、支点よりも重心が若

干階段寄りになるように、角度を保って支えることになる。

いずれにしても、リフトアップ式の場合、ハンドルを支える上で、ある程度の体力が必要になる。また、バランスを取る上で、平衡感覚も必要になる。

体力や平衡感覚は、個人差が大きく、一概には言えないのであるが、何らかの目安が必要になる。このため、トランスポータの場合、操作者の体力として、利用者の体重の20%程度を支えられることとしている。

フットが駆動すると、梃子の長さが増えるという面では、昇降動作の途中においても、負担の増減がある。安全を保つ上で、最も負担が増加する時が、最も注意を要する時と言える。

ハンドルを支える負担が大きくなるタイミングは、昇降動作において、フットが伸びて車体が持ち上がって行くところである。即ち、梃子でいうところの支点と重心の間の長さが伸びるため、力点のハンドルに加わる負担が増加していくことになる。この時に、車体が前傾すると、バランスを崩し易くなる。

両スイッチを押した時の戻りの動作は、動作を反転することであるが、この場合、重心が下方に移動し、支点と重心の間の長さが短くなって、力点のハンドルに加わる負担が低下して行くことになる。これにより、バランスを回復することが可能になる。

おわりに

リフトアップ式の場合、操作者に、ハンドルを支えて頂くことにより、昇降が可能になる。このため、操作者には、機器の特徴を理解した上で、安全運転を心掛けて頂くことが肝要である。

また、操作者の練習を補助して適切な助言を与える安全指導員（可搬型階段昇降機）の役割も重要である。

その他、機器の保全という面では、アフタフォローやメンテナンスを実施できるレンタル事業所が欠かせない。

このように、メーカーを含めて、夫々の部署の担当者が、与られた役割を担いながら、ルールに沿った動きをして行くことが、取りも直さず、階段昇降の安全を保つことに繋がると言える。

日本発（日本初）のトランスポータが、これからも日々安全に、介助のお役に立つことを願っている。