

原著

歩行補助車の路面段差乗り越えに必要な 操作力と車輪形状との関係について

高 見 正 利

神戸学院大学 総合リハビリテーション学部
社会リハビリテーション学科

【要約】シルバーカーの路面上段差を乗り越える能力と車体構造の関係について定量的分析を行った。この歩行車は小型乳母車に似た形状であり、利用者の増加に伴って転倒事故が増加している。特に、段差直前に一旦停止してから強く押された場合は転倒の危険性が増す。このような状況下での数式モデルを作成し段差乗り越えの力を推定した。また、床反力計を使用してこの力の実測値を得た。力の推定値と実測値はよく一致し、数学モデルの妥当性を確認するとともに以下の知見を得た。直径130mmの車輪を持つ一般的なシルバーカーは高さ10mmの段差を乗り越えることができない。直径を200mmより大きくすると高齢者は容易に乗り越えることができる。段差の角によるタイヤの局部的圧縮変形が増えると乗り越え力は少なく済む。ハンドルが700mmより高い場合には、歩行車を前に押すだけでなく、下方にも押す必要がある。これらの結果は、モーメントアーム長の変化によるものである。

キーワード：歩行器、歩行車、段差、転倒、数式モデル

I. 緒論

歩行補助車的一种であるシルバーカーは、高齢者など歩行において支持性や安定性に不安な人が移動に際して用いる。品物の運搬や休息できる機能があり行動範囲が広がって社会参加が容易になる。利用者は増加しており、2009年の国民生活センターの報道発表資料^{1,2)}によれば2004年以降の5年間に歩行補助車は34万台以上が出荷されている。その一方で、歩行中の転倒事故も増えている。例えば、この間の事故事例は30件寄せられ、その90%が転倒事故であった。また、経済産業省の重大製品事故公表³⁾では、2007年からの3年間に歩行補助車の事故が福祉用具のなかで3番目に多い。

シルバーカーの多くは、利用者を含めた重心が

支持基底面外にあり、安定性は十分ではない。車輪が小さいものがほとんどであり、点字ブロックのようなわずかな段差でさえも前輪が乗り越えられなくてつまずきシルバーカーごと転倒したりすることがある。段差の前で一度停止してしまうと乗り越えが特に困難になり、強引に押すとシルバーカーごと前方へ転倒する。シルバーカーの対象者は歩行が自立している人となっており、立位維持と両手で操作できることが条件である。現時点では介護保険制度適用外となっている。

これに対し異なる形状の歩行補助車として歩行車があり、これは歩行困難な人の歩行を補うためのものとして介護保険が適用される。安定した構造であり、良い歩行姿勢が取れるようにハンドルが使用者の側方かつ四輪の内側にある。この2つの歩行補助車は外観がよく似ているために機種を

選ぶに際しては力学特性をよく理解しておく必要がある。その上で、提供者は特性について合理的な説明が求められ、製造者は利便性を維持しながらも安定性を高める最適設計を行う必要がある。歩行補助車の力学特性に関する報告として、車体に作用する力の計測や分析や^{4,5)}、車体を持ち上げて段差を乗り越える際の力学的分析⁶⁾が散見されるが、転倒する危険性が高い状況下である押す操作による段差乗り越えについての分析は見あたらない。

本論文では、シルバーカーの車体構造と路面段差の関係を力学的に分析し、安全に段差を乗り越えるための要件について考察する。

II. 方法

数式モデルを設定し、これに市販されている歩行補助車の車体データをあてはめて、段差乗り越えに必要な力を推定する。続いて、実験によりモデルの妥当性を確認したあと、車体の形状値を変えて段差乗り越えに必要な操作力を推定し、転倒を防ぐための諸要件について検討する。

A. 検討項目

1. 力学モデルによる段差乗り越え力の推定値と実測値の比較

シルバーカーと歩行車の2種類の歩行補助車について実際に市販されている機種を用い、段差を乗り越えるのに必要な操作力を推定した上で、床反力計上に設置した段差を乗り越え時に計測した床反力を比較して、数式モデルの妥当性を評価する。

2. 車輪径の影響

シルバーカーは小型軽量のものが好まれ、車輪サイズは歩行車と比べて小さなものが多い。そこで、車輪径を変えて、段差乗り越えに要する力を推定し、その関係を検討する。

3. タイヤの変形が与える影響

タイヤの素材が柔らかいと段差の角にタイヤが喰い込んで変形するが、段差の角回りのモーメントに関するつり合いの状況が変化する。タイヤ変形によるモーメントアーム長の減少が段差乗り越え力に与える影響を推定する。

4. ハンドル高さの影響

段差乗り越えの際、ハンドルの位置が高いほど前輪軸回りのモーメントアームは長くなり、車体の前輪の軸回りモーメントが増え、前へ転倒しやすくなる。ハンドル高さを変えて段差乗り越えに必要な力を推定し、その影響を検討する。

B. 数式モデル

歩行中のように一定速度でシルバーカーを押して段差を乗り越えられても、段差の直前で一度停止してしまうと乗り越えが非常に困難であり、強引に力を加えれば転倒の危険が大きくなる。そこで、段差乗り越えに必要な操作力についてその値と方向を把握するために、静力学モデルにより分析する。コンパクトなシルバーカーのハンドルは握りの部分が左右方向に一直線となった円柱状のものが多く、段差を乗り越えに有効となるモーメントは生成されにくいいため、ハンドルに力のみを作用させるものとする。高野倉⁶⁾は車体を段差に対して持ち上げたり降ろしたりする状況での力学モデルを構築してハンドグリップに加える力やトルクを推定している。ここでは、路面でよく見かける高さ1cm位の小さな段差を、押す力のみで乗り越える状況を想定しているので、ハンドグリップを手前に引くことや軸回りモーメントは考慮に入れない。また、荷物も積載しない。

図1にシルバーカーの構成と各部に作用する力を示す。ここで、Aは前輪軸、Bは段差の角、Hはハンドル、Gは車全体の重心、Cは車体全体に加わる合力に対する床反力の圧力中心を示している。水平および鉛直方向を各々X、Yとして、前輪の

車軸中心からの距離 X_g を重心 G の X 座標、また X_h と Y_h をハンドル H の位置の各座標値とする。前輪の半径を r とするので、ハンドル高さは $Y_h + r$ となり、そのほか全質量を m 、重力加速度を g 、段差の高さを h 、ハンドルの操作力を F 、その方向を θ とする。シルバーカーに作用する全鉛直力に

対する床反力は N_c 、その作用点となる圧力中心 C の位置は X_c 、前輪の A 点に働く段差乗り越えに必要な力の水平成分を f とする。タイヤと床との摩擦力は無視できるとすると、静止状態では段差の角 B における力のつり合いから、水平成分については、

$$F \cos \theta - f = 0 \quad (1)$$

鉛直成分については、 $W = mg$ として、

$$N_c - F \sin \theta - W = 0 \quad (2)$$

が成り立つ。

前輪が段差を乗り越えるのに必要な力 f は、段差角 B を回転中心としたモーメントのつり合いの式から求められる。つまり、

$$-N_c(X_c + b) + f(r - h) = 0 \quad (3)$$

ただし $b = \sqrt{r^2 - (r - h)^2}$ 、また $N_c = (W + F \sin \theta)$ であるので、 f は、 $f = N_c \cdot (X_c + b) / (r - h) = (W + F \sin \theta) \cdot (X_c + \sqrt{r^2 - (r - h)^2}) / (r - h)$ となる。

また、 $X_c = 0$ となると前方へ転倒することになるのでこれを避けるには、車体に関する前輪軸 A 回りのモーメントについての釣り合いの式

$$-WX_g - F \sin \theta X_h + F \cos \theta Y_h + N_c X_c = 0 \quad (5)$$

から、

$$X_c = (WX_g + F \sin \theta X_h - F \cos \theta Y_h) / (W + F \sin \theta) \quad (6)$$

を得て、これが $X_c > 0$ となる必要がある。書き換えると

$$F \cos \theta < (WX_g + F \sin \theta X_h) / Y_h \quad (7)$$

の条件を満たし、その上で、 $F \cos \theta$ が前輪の段差乗り越えに必要な力 f の値以上になれば、段差を乗り越えることができる。

C. 対象とする歩行補助車

歩行補助車として次の市販されている2機種を分析の対象とする。

1. シルバーカー（アロン化成株式会社製「サンフィール」）

仕様は幅400mm、奥行540mm、ハンドル高（ $Y_h + r$ ）790～910mm、ハンドル位置（ X_h ）360mm、前輪半径（ r ）62.5mm、質量4.8kg、重心位置（ X_g ）230mmである。

2. Rollator型歩行車（ラックヘルスケア株式会社製「オパール」）

仕様は、幅600mm、奥行590mm、ハンドル高（ $Y_h + r$ ）640～790mm、ハンドル位置（ X_h ）330mm、前輪半径（ r ）100mm、質量7.6kg、重心位置（ X_g ）230mmである。

D. 計算方法

ハンドルの高ささと車輪の径に対する段差乗り越えに必要なハンドル操作力を推定するためにC.の形状値を使って、(7)式の制約を満たす F と θ を、(4)式から算出する。予備調査の段階で段差角に押しつけられてできた前輪タイヤの凹み変形が観察されたので、写真計測するとタイヤ表面は水平方向に約5mm変位していることが判明した(図2)。

この変位を d とするとこれは図1の b 、つまり段差角Bを回転中心としたモーメントに影響を与えるので、(4)式を修正して新たに、

$$f = (W + F \cdot \sin \theta) \cdot (X_c + \sqrt{r^2 - (r-h)^2} - d) / (r-h) \quad (8)$$

から力 f を推定することにした。鉛直方向の圧縮変位は認められなかった。

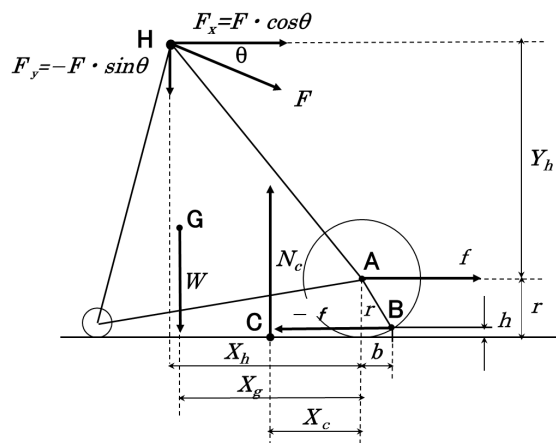


図1 歩行補助車の構成と各部に作用する力

Fig.1 Force acting on each part of the wheeled walker

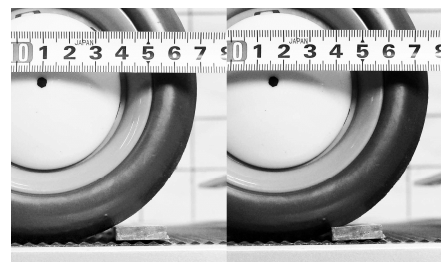


図2 段差の角によるタイヤ変形

Fig.2 Compressive deformation of the tire at the step

E. 実験方法

段差乗り越え力を推定する力学モデルの妥当性を検証するために実験を行う。床反力計はTKK1273a(竹井機器工業株式会社)を使用し、その計測面上に高さ5mmおよび10mm、幅15mm、長さ600mmの木製角棒を貼って固定しこれを段差とする。図3のように、シルバーカーをこの床反力計に乗せ、前輪を段差に接触させて一度静止させた後、ハンドルに力を作用させて乗り越える瞬間の床反力ピーク値を記録する。データ収集システムはPOWER Lab 16/30 (AD Instruments社)を使って、サンプリング速度100Hzで計測した。ハンドルを直接握って押す方法では、ハンドルの軸回りのモーメントが発生する可能性があるので、これを避けるために太さ3mmのロープをハンドルに掛けて前方から引っ張ることにした。シルバーカー

の転倒を防ぎつつ、可能な限り少ない力で段差を乗り越えるように力の大きさと方向を変えて牽引を試み、段差乗り越えた時の床反力ピーク値を10回以上計測して、そのなかの最小値を段差乗り越えに必要な力とした。



図3 段差乗り越え力の計測のようす

Fig.3 View of the direction for the force measurement to overcome the step

Ⅲ. 結果

A. 数式モデルによる推定値と実測値の比較

図4は高さ5mmの段差を乗り越えるのに必要とするハンドルへの操作力を推定したものであり、横軸は前後成分 F_x 、縦軸は鉛直成分 F_y である。左上の隅の座標原点 (0, 0) をハンドルHの位置として、そこで操作する力を直感的に把握できるように表現した。矢印はハンドルに作用した操作力の大きさと方向を表している。矢先が図中の影の領域に入るような力であれば転倒しないで乗り越えることができ、力が大きすぎて矢先が影の領域から右側に外れると転倒し、反対に小さくて影の領域の左側に外れると停止したまま動きが起きないことになる。

そして原点から影の領域の頂点まで示す矢印が乗り越えに必要な最小の力である。ハンドル高さが880mmの場合、高さ5mmの段差乗り越えにはハンドルに55N以上の力を水平より54度下方に押すように操作する必要がある、またハンドル高さが770mmでは、23Nの力で28度下方に押す必要があることを示している。

図5は既述の市販シルバーカーを使用して得た実測値であり、段差を乗り越えた時の床反力の値

を示している。ハンドルの高さが880mmと770mmの場合、段差乗り越えには、各々最低56Nと29Nの力で、それぞれ下方64度および44度の方角に押す必要があることがわかる。

図6は歩行車に関する段差乗り越え力の推定値を示したものである。左図の影の領域は770mm高さのハンドルを操作して、高さ5mmの段差を乗り越えることができる力の値の範囲である。その最小値は21Nであり、これを水平方向に加えるだけで乗り越えることができる。右図は段差の高さを変えた時の歩行車が乗り越えるのに必要な力を示している。段差の高さが8mmまでは水平方向に28Nの以下の力を作用させるだけで乗り越えることができ、高さが10mmになると30Nの力を33度下方に作用させる必要があることを表している。車輪半径62.5mmのシルバーカーでは高さ10mmの段差を乗り越えることができなかった。

図7は歩行車の段差乗り越え力の実測値を示す。ハンドルの高さを変え、段差乗り越え時にハンドルに操作した力のピーク値を散布図で表した。最小の段差乗り越え力はハンドル高さが880mm、770mmの時、各々56N、42N、角度は64度、32度となった。

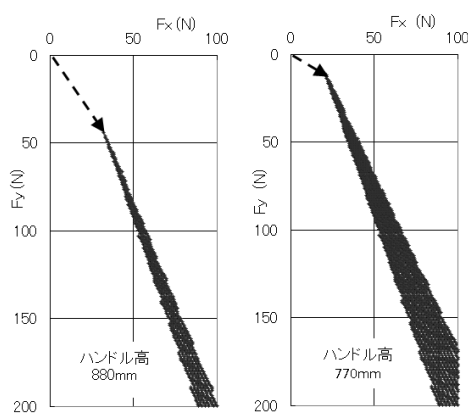


図4 シルバーカーの段差乗り越え力(推定値)
Fig.4 Estimated force to overcome the step (Silver car)

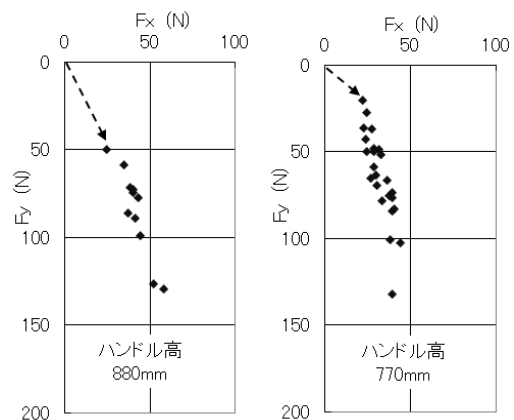


図5 シルバーカーの段差乗り越え力(実測値)
Fig.5 Measured value of the force to overcome the step (Silver car)

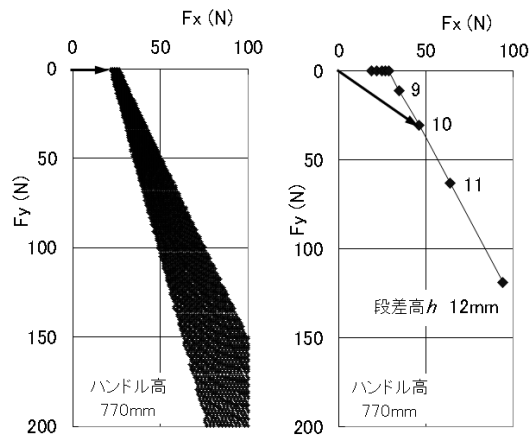


図6 Rollator型歩行車の段差乗り越え力(推定値)
 左:高さ5mmの段差乗り越え力の範囲
 右:段差の高さに対する乗り越え力最小値
 Fig.6 Estimated force to overcome the step
 (Rollator-type walker)
 Left: Force range to overcome a 5 mm-high step
 Right: Minimum force to overcome the step vs.
 step height

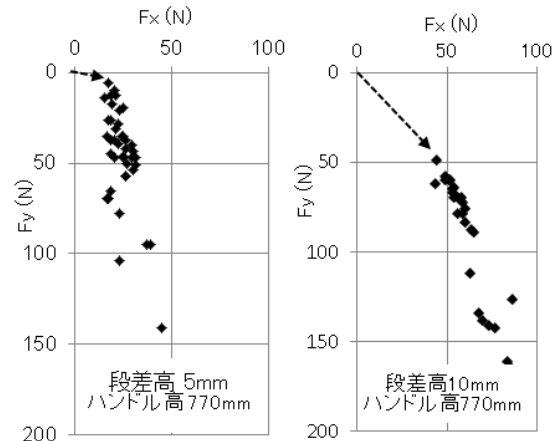


図7 Rollator型歩行車の段差乗り越え力(実測値)
 Fig.7 Measured force to overcome the step
 (Rollator-type walker)
 Left: 5 mm-high step
 Right: 10 mm-high step

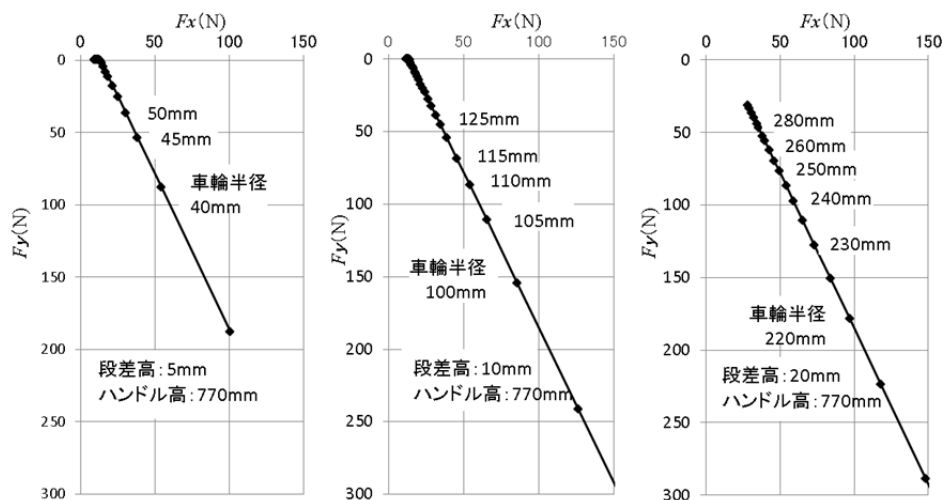


図8 シルバーカーの車輪径と段差乗り越え力(推定値)
 Fig.8 Estimated force to overcome the step vs. wheel diameter (Silver car)
 Left: 5 mm-high step Middle: 10 mm-high step Right: 20 mm-high step

B. 車輪径の影響

図8は車輪径の値を変えた時の段差乗り越え力推定値を示している。図中の点はその最小値であり図4の影領域の頂点に相当する。

高さ5mmの段差を車輪径が40mmで乗り越えるにはハンドルに水平から下方58度へ130Nの力を

加える必要があるが、車輪径を60mmにした時には下方33度に27Nの力を加えるだけで済み、車輪径を大きくするほど乗り越え力は減少し、力の向きは水平に近づいていく。

段差の高さが10mmになると車輪半径が62.5mmでは乗り越え力は1200N以上(下方68度)になっ

て描画領域からはみ出すが、車輪径を100mmにすると67N（下方50度）と激減する。

C. タイヤ変形の影響

段差乗り越え時には段差の角が喰い込んでタイヤは変形する。これにより段差乗り越えモーメントのアーム長は減少する。そこで、(8)式に具体的な数値を代入し、変形量が乗り越え力に与える影響を推定した。図9に段差の角によるタイヤ表面の変形量水平成分 d に対する段差乗り越え力の変化を示した。段差乗り越え力はハンドルの高さが770mm、車輪の半径が62.5mm、段差の高さが5mmで推定した。変形量が5mm以上になると乗り越えに必要な力の値は激減し、その方向は水平方向に近づいた。

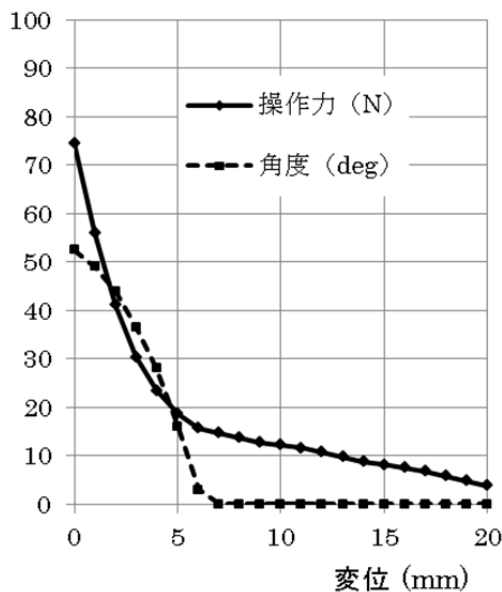


図9 シルバーカーの段差角によるタイヤ変形と段差乗り越え力推定値(段差高5mm)

Fig.9 Estimated force to overcome the step vs. amount of compressive deformation of the tire (5 mm-high step)

D. ハンドル高さの影響

図10にはハンドルの高さすなわち操作力の作用点の高さを変えた時の段差を乗り越えるに必要な力を示した。段差乗り越え力は車輪の半径が62.5mm、段差の高さが5mm、水平変位量が5mmに

て推定した。ハンドルの高さが880mmの場合、水平より約50度下方に約40N以上の力で押す必要があり、770mmにすると約25度で約20Nの力を、さらに500mmの位置に下げると水平方向に17Nの力で乗り越えることができることを、それぞれ示している。

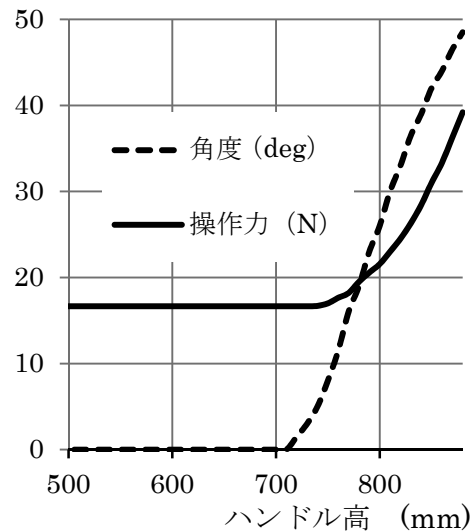


図10 シルバーカーのハンドル高さで段差乗り越え力推定値(段差高5mm)

Fig.10 Estimated force to overcome the step vs. handle height (5 mm-high step)

IV. 考察

この数学モデルを適用して得たシルバーカーの段差乗り越え力の推定値を実測値と比較して近似の程度を確認し、またシルバーカーと車体仕様が異なる歩行車に適用して得た推定値を使って両歩行補助車の段差乗り越え特性の違いが説明できるかを検討する。続いて、車輪径の効果、タイヤ変形の影響について、最後にハンドル高さの影響を分析し、車体仕様について安全な走行を実現するための見通しについて検討を加える。その際、参考にする利用者の操作力を独立行政法人製品評価技術基盤機構の人間特性データベース人間工学データ⁷⁾から得た。これには、肘位置において水平に押す力の計測値が、健康成人男女34名（男18名、

女16名、平均 55 ± 16.4 歳）について示されている。上肢のみでは 49.8 ± 14.9 N（平均 $\pm$ 標準偏差）、全身で押す動作では 202.7 ± 91.3 Nであった。そこで、高齢者が腕で水平に押す力を約50Nと見なして、ハンドル操作力を評価する際の参考値とする。

A. 力学モデルによる推定値と実測値の比較

歩行補助車は上部構造の車体と4箇所の車輪から成り立っているため、段差乗り越え特性の分析は車軸によって連結された剛体に関する静力学的つり合いの問題となる。車体から伝達される車重とハンドル操作力を受けた前輪車軸の段差角回りモーメントのつり合いから段差乗り越え力を推定するのであるが、転倒を防ぐ条件である車体の車軸回りモーメントのつり合いを満たす範囲で力の値を見つける必要がある。図1で説明すると、前者は車体から車軸に伝わる操作力（水平成分）による段差角を回転中心とした時計回りのモーメントが、重力と操作力（鉛直成分）による前輪の反時計回りのそれよりも大きいこと、後者においてはハンドル操作力（水平成分）による前輪車軸を中心とした車体の時計回りモーメントが、重力と操作力（鉛直成分）による車体の反時計回りのそれよりも少ない場合に、段差を乗り越えることができる、ということである。

段差乗り越え力の推定値（図4）と実測値（図5）を比較してみる。高さが5mmの段差を乗り越えるにはハンドル高さが880mmの場合、55N以上のハンドル操作力を水平より54度下方に加える必要があることを示しているが、実測値も値が近い56Nの力を64度下方に作用させることにより乗り越えることが確かめられた。実測値の方が角度は大きく下向きになっているが、実際のハンドル操作では転倒を防ぐことを常に意識するために下に押しつける傾向があったのでその影響が出たと考えられる。高さを770mmと低くしたハンドルには25Nの力を30度下方に加えるだけで高さが5mmの段差

を乗り越えることができる。高さ10mmの段差に対しては、車輪径が62.5mmのシルバーカーで実験をすると乗り越えることができなかったが、計算上では乗り越えるにはハンドル操作力は約1200N以上（下方68度）を必要とする非現実的な値となった。

図6からは、段差の高さが5mm位ならば水平に押すだけで乗り越えられることがわかる。また、シルバーカーでは不可能であった高さ10mmの段差も乗り越えることができる。歩行車は一般に車輪の径が大きく、加えて安定性を高めるように利用者を含めた重心が四輪の中になるような構造であるため、段差乗り越えが行いやすい。矢状面で観れば、歩行車は路面上の圧力中心がシルバーカーよりも前方にあるため、後輪側に圧力中心を移動させるように、つまり前輪を浮かせる方向に操作力の調整ができる冗長度があり、操作の容易さを体感できる。

以上、推定値は実測値によく近似しており、また歩行補助車の特性の違いもよく説明しうることから、この数式モデルの妥当性を確認できたと考える。

B. 車輪径の影響

車輪径が段差乗り越えに与える影響について考察する。(4)式から明らかなように、半径を大きくするほど段差乗り越えに必要な操作力は減少する。図8に示すように段差10mmの場合、現行の62.5mmの車輪径ではハンドルへの操作力だけでは乗り越えられないが、100mm位に大きくすれば、ハンドル操作力は高齢者でも乗り越えることができる値になる。つまり、シルバーカーでも歩行車のような容易さで段差を乗り越えられようになるのであるが、コンパクトさが好まれるために、市販品は車輪を小さくせざるを得なかったと推察される。しかし、折り畳み幅が280mm位になるので車輪径は大きくできる余地もあり、大きくしても

材料と意匠上の工夫により軽快感は補えると思われる。

車輪径はそのほかハンドルの高さにも影響を与える。利用者が操作する高さは変わらないので、車輪径が大きくなるほどハンドルの長さは短くせざるを得ない。(7)式でみられるように V_h を減少させると $F\cos\theta$ の上限が大きくなるので、操作力の水平成分の取りうる範囲が広がる。ハンドル操作に使う力が乗り越えに必要な値を超えても転倒には至らない範囲が広くなり、操作力調整の点で一層有利になる。

C. タイヤ変形の影響

図7で示した通り、段差の角によるタイヤ変形の水平変位量が大きいほど段差乗り越え力は減少する。鉛直方向は荷重を受ける接地面が広いのに対して、図2でも確認できるように段差の角の1点に力が集中するので、水平圧縮変位がタイヤ接地面での鉛直圧縮よりも大きく、段差角回りのモーメントの大きさを変える。車輪軸への荷重による反時計回りのモーメントの減少量が大きい、時計回りモーメントの変化はわずかなため乗り越え力は少なくなる。特に、この段差の角による変形が数mmであっても段差乗り越えがきわめて容易になることは注目すべきことである。シルバーカーの車輪のタイヤには柔らかいEVA (Ethylene Vinyl acetate Copolymer) 発泡体が使われることが多く、タイヤが柔らかいと防振効果に加えて段差の乗り越えも容易になることは、経験的には知られていたがそれを裏付けた。

D. ハンドル高さの影響

段差乗り越え特性においてハンドルの高さは車輪径に対して背反する関係になる。ハンドルが高いほど、前輪軸での時計回りモーメントが大きくなって前へ転倒する危険が増えるので、力を抑制的に働かせて段差乗り越えが慎重に行われる。ハ

ンドルを高くすれば転倒を防ぐためにハンドルを下に押し付ける努力がより一層必要になる。

図10に見られるように、5mmの段差を乗り越えるには、ハンドル高さが880mmの場合は770mm以下の場合よりも約2倍の力が必要になる。これは高齢者にとってコントロール可能な範囲のうち限界に近い力が必要になるので、ハンドルを高くせざるを得ない高い身長の利用者には車輪径も大きくする方が好ましいと考える。

V. 結論

シルバーカーの車体構造と段差の関係を力学的に分析し、安全かつ容易に段差を乗り越えるための要件について考察した。

段差の直前で一度停止してから乗り越えるという転倒の危険が大きい状況下での数式モデルを設定して、前輪が段差を乗り越えるのに必要なハンドル操作力を推定した。前輪が段差を乗り越えることと前方への転倒を避けることを満たすために、前輪の段差角回りのモーメントの釣り合いと前輪軸回りのモーメントの釣り合いの式を導いた。その際、前輪タイヤに段差の角が食い込んでできた変形が観察されたので、これによる変位量を式に組み込み、段差乗り越え力を推定した。

つづいて、実際に市販されている歩行補助車を用いて段差を模擬した床反力計の計測面上で牽引し、段差乗り越え時の力を計測した。シルバーカーについての段差乗り越え力の推定値と実測値がよく一致していること、また車体仕様が異なる歩行車についても同様な結果が得られたこと、さらに両タイプの歩行補助車の特性上の違いが説明できたことから、この数式モデルの妥当性が確認できた。

車輪径およびタイヤ変形の影響とハンドルの高さが誘因となって引き起こす転倒防止のための代償動作について、以下の知見を得た。

- 1) 車輪径を100mm位に大きくすれば、ハンドル操作力は高齢者でも乗り越えることができる程度の値になる。
- 2) 段差の角によるタイヤ表面の水平変位量が大きいほど段差乗り越え力は減少する。
- 3) ハンドルが高いほど前輪軸での時計回りモーメントが大きくなって前へ転倒する危険が増えるので、それを防ぐ努力としてハンドルを下に押し付けることが必要になる。

以上は歩行補助車の設計や安全に段差を乗り越えるための説明に役立つものとする。今後の課題として、車輪間距離や重心位置などの変数を含めた検討と、歩行速度を考慮した動力学モデルによる設計の最適化が残されている。

【参考文献】

- 1) 生活安全編集事務局.NITE データベースにみる乗物の事故と安全.生活安全ジャーナル2009 ; 7 : 4~10.
- 2) 独立行政法人国民生活センター.歩行補助車(シルバーカー)の安全性.報道発表資料 2009 ; 1~17.
- 3) 独立行政法人製品評価技術基盤機構.福祉用具事故情報.事故情報データベース2012.
URL <http://www.jiko.nite.go.jp/php/jiko/index.html>
- 4) 堀内邦雄、青木和夫.シルバーカーを押す力の測定.人間工学 2003 ; 39 (1) : 38~41.
- 5) 高野倉雅人.定常歩行時に歩行補助車へ作用する力の分析.人間工学 2006 ; 42 (1) : 22~30.
- 6) 高野倉雅人.昇段・降段動作を考慮した歩行補助車の制動装置およびハンドグリップとカゴの配置に関する理論的研究.人間工学 2007 : 43(3) : 138~148.
- 7) 独立行政法人製品評価技術基盤機構.操作力グラフ 一手で押す・引く力.人間特性データベース2009.
URL <http://www.tech.nite.go.jp/human/>

The relationship between the operating force and the wheel shape required to overcome road step of walking assistance car or “Silver car”.

Masatoshi Takami

Department of Social Rehabilitation

Faculty of Rehabilitation

Kobe Gakuin University

This paper quantitatively analyzes the body structure and ability of a walker—“Silver car”—to overcome a step. The walker has a shape similar to that of a compact baby carriage, and the accidents due to falling increase with increasing users. The risk of falling increases particularly when the walker is stopped immediately before the step and the handle is pressed firmly. In such cases, a mathematical model was developed, and the handle-operating force was estimated. Then, the force required to overcome the step was measured using a force plate. The estimated and measured force values were found to be in good agreement, and the following results were obtained. The walker with 130 mm wheel diameter cannot overcome a 10 mm high step. If the wheel diameter is greater than 200 mm, most of the elderly persons can easily overcome it. The force decreases with an increasing amount of compressive deformation of the tire at the step edge. When the grip position of the walker is higher than 700 mm, the walker must be pressed both downward and forward. These results are due to the change in the moment arm length.

Key Words: Walker, Walking car, Step, Falling, Mathematical model