

# 旅客船内における車いすの利用について

## Study on Use of Wheelchairs on Passenger Ships

非 今里 元信(海上技術安全研究所) 非 太田 進(海上技術安全研究所)  
正 平田 宏一(海上技術安全研究所) 非 宮崎 恵子(海上技術安全研究所)

Motonobu IMASATO, National Maritime Research Institute, Shinkawa 6-38-1, Mitaka-shi, Tokyo  
Susumu OTA, National Maritime Research Institute  
Koichi HIRATA, National Maritime Research Institute  
Keiko MIYAZAKI, National Maritime Research Institute

On passenger ships, passengers using wheelchairs are exposed to the danger such as uncontrollable running due to acceleration resulted from ship motion. It is, therefore, necessary to evaluate the acceleration condition in view of running of wheelchair to prevent such danger. For the evaluation, the numerical simulation program for estimating wheelchair running under various acceleration conditions is necessary. The purpose of this research is to develop basic models for the simulation.

To develop the numerical simulation program for estimating wheelchair running, we developed the basic model for estimating the driving forces of a wheelchair under the given acceleration condition and the trajectory of wheelchair. This model can be used for the estimation of the trajectory of wheelchair corresponding to the driving forces. Furthermore, the operation model of wheelchair is necessary and we are developing this model. For the cross check of numerical models, we carried out various experiments on running of the wheelchair on the slope and a container ship using the special wheelchair for measurement. These works are reported in this paper.

*Key Words:* Ship Motion, Wheelchair Running, Operation Model, Trajectory Estimation Model

### 1. はじめに

昨年秋、「高齢者・身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律」(通称:交通バリアフリー法)が施行され、その中で旅客船のバリアフリー化について、技術基準が示されている<sup>1)</sup>。しかし、安全対策については、検討の余地を多く残している。車いす利用者について言えば、船舶は波浪による動揺を伴うため、船内では車いすが暴走・転倒する恐れがあり、有馬も研究を実施している<sup>2)</sup>。こうした危険を防止するためには、まず動揺している船内で走行する車いすの挙動を明らかにし、安全走行の限界を把握する必要がある。そこで、筆者らは所与の加速度条件下において、車いすが安全に走行できるか否かを判定する技術の研究を実施している。

実際の船舶において、車いすが安全に走行できるか否かを判定するためには、多くの加速度条件を想定する必要があり、実験だけでは困難であることから、任意の加速度条件下において車いすの走行を模擬できるプログラムを開発中である。本報では、そのための基礎的なモデルを構築したことおよび今後の課題について述べる。

### 2. 車いす走行時の人間の操作

車いすで傾斜面に対して横向きに直進走行をする場合(以下、横断走行と呼ぶ。)、操作者を含めた車いすの重心位置が後輪軸より前方にあるため、車いすには傾斜面下り方向に回頭する

力が生じ、車いすの向きが変わる。向きをできるだけ変えずに直進走行させるためには、左右それぞれの後輪に駆動やブレーキの操作が必要である。また、登り坂を直進走行する場合(以下、縦断走行と呼ぶ。))は、後進防止のために左右後輪とも大きめの駆動を与える。一方、下り走行については、車いすの暴走防止のためにブレーキ操作を行う。このような観点から、船舶のような動揺下においては、車いすに船体動揺加速度が印加されることから、車いすの操作が複雑になり、また操作不能になると暴走・衝突・転倒などの危険が生ずることが考えられる。

そこで、旅客船内で車いす利用者の安全を確保するためには、動揺下において車いすが安全に走行できるか否かを判定するためのシミュレーションが必要であり、そのための基礎として、駆動力を推定するモデルを構築する必要がある。また車いすの操作には状況に応じて様々な方法があることから、車いすを操作する人間の操作モデルも構築する必要がある。

### 3. 車いすの走行モデルの開発

#### 3.1 駆動力推定モデルの構築

任意の加速度条件下において、車いすの走行を模擬できる走行モデルの開発のため、車いすの駆動力推定モデルの構築を行った<sup>3)</sup>。このモデルは、手動車いすを想定し、操作者を含む車いす(以下、単に「車いす」と呼ぶ。))の走行の軌跡および車いすに作用する加速度の条件から、駆動に要すると考えられるトルク

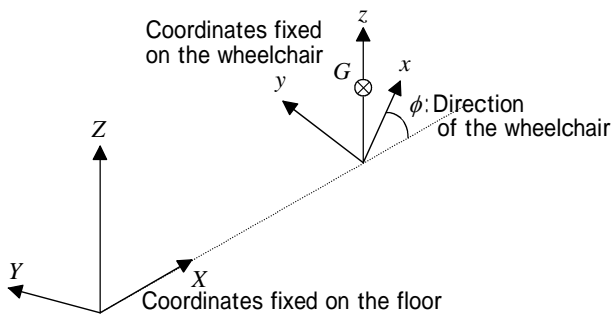


Fig.1 Coordinate system

を求めるためのものである。

このモデルでは、各時刻における、車いすの重心に作用する加速度、車いす重心の前進方向の加速度および旋回角加速度が与えられれば、各時刻におけるトルクが以下の手順で求めることができる。なお、ここでは走行中の体重移動は考慮していない。

- (1)各車輪に作用する車いす鉛直方向の力の計算
- (2)転がり摩擦抵抗の計算
- (3)運動方程式に基づく左右後輪の推力の計算
- (4)推力にハンドリムの半径を掛けることによるトルクの計算

### 3.2 座標系

座標系としては、Fig.1 に示すとおり、走行面固定のもの(X, Y, Z座標)と車いす固定のもの(x, y, z座標)の二つを考える。車いすに固定したx, y, zの各軸は、それぞれ前向き、左向き、上向きを正とし、原点は車いすの重心下の走行面上とする。走行面としては船内の床面を想定し、これに固定したX, Y, Zの各軸はそれぞれ船首方向、左舷方向、上方向を正とし、原点は任意の位置とする。

車いすの重心位置はGで表し、走行面に対する車いすの重心位置は( $X_G, Y_G$ )で表す。走行面固定のX軸に対する車いす固定のx軸の向き、すなわち車いすの向きは、反時計回りを正としてφで表す。

### 3.3 駆動力推定モデルの検証

作成した駆動力推定モデルを検証するため、計測用車いす<sup>4)5)6)</sup>を用いて、著者の一人が、体重移動のないように、傾斜台<sup>7)</sup>上での走行実験を行った。実験結果とそれに対応するトルクの計算結果の例を Fig.2.3 に示す。図中のグラフは上から順に、車いすのX方向(走行開始時前向き正)およびY方向(走行開始時左向き正)の移動距離、車いすの速さ、右後輪のトルクおよび左後輪のトルクの時系列を表している。また、実線は計測結果、破線は計算結果を表している。

Fig.2 は、傾斜角 7 度の左下がり横断走行の結果である。この図より、左のトルク、すなわち前向きに漕いでいる方のトルクについて言えば、計算結果の時系列には、計測結果のそれと比較して多少の振動が見られるものの、計算結果の最大値は、計測結果のそれと概ね一致している。右のトルクについて言えば、計算結果と計測結果は一致しているとは言い難い。なお、走行限界

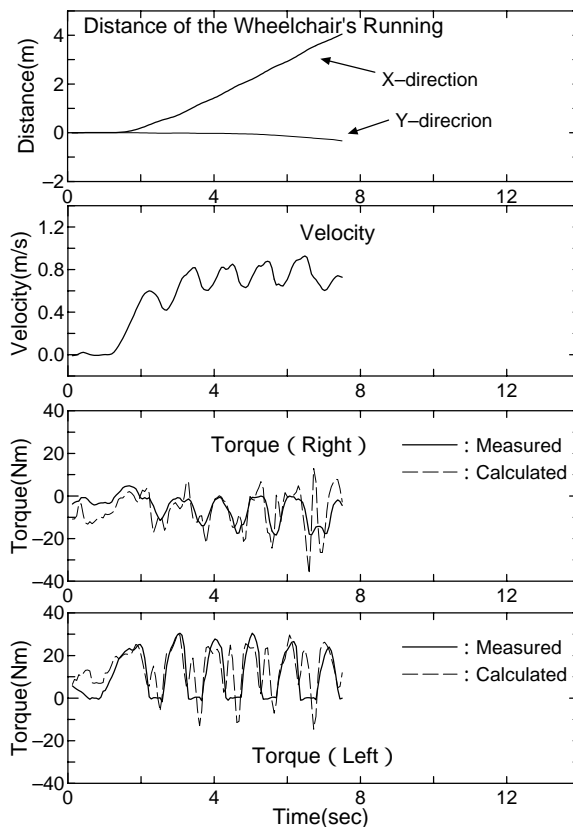


Fig.2 Results of measurement and calculated torques (Running on the slope, down side of left, 7deg)

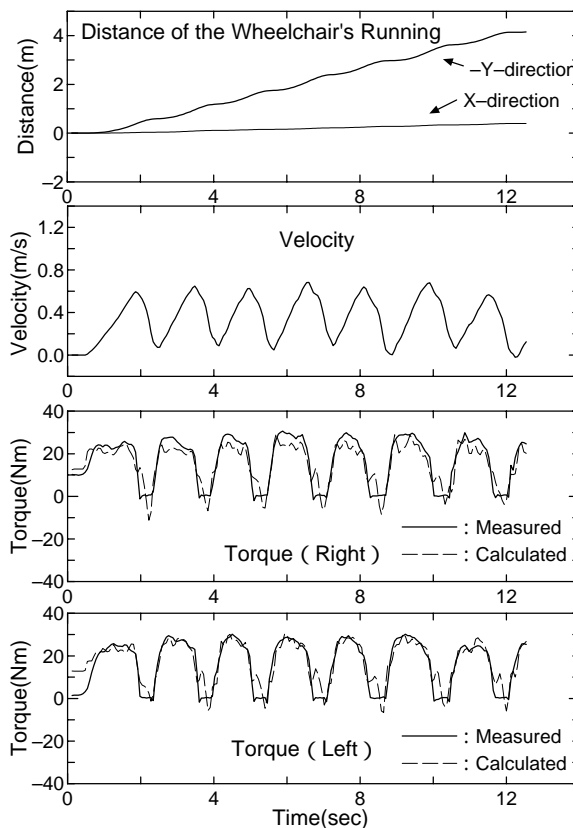


Fig.3 Results of measurement and calculated torques (Running on the slope, upward to top, 7deg)

の評価においては、左のトルクが問題になるであろうことに留意されたい。右下がり横断走行の結果も、左下がり横断走行の場合と同様の傾向を示した。一方、Fig.3 に示すように、縦断走行については、左右のトルクともに計算結果と計測結果が概ね一致した。検証実験結果より、今後車いすの走行モデルの開発を進めていく上では、このモデルは概ね有用であることがわかり、加速度状況と車いすの走行状況が与えられれば、左右後輪に必要な駆動力が推定できるようになった。

また、このモデルを用いることにより、所与の加速度および駆動力の条件下における車いすの走行の軌跡も推定できる。但し走行の軌跡は、僅かな駆動力の変化により大きく変わるため、走行の軌跡の推定モデルとしての実験による検証には、高精度の計測を要するため、ここでは行っていない。

#### 4. 車いすの操作モデルの開発と展望

動揺下における車いすの走行状況を推測するためには、車いすの操作モデルも必要である。そこで次章に示すような、傾斜台や実船における走行実験の計測データを用いて、車いすの挙動と人間の操作方法を調べることで、所与の加速度条件下における操作モデルを近似的に構築できるものと考えており、現在モデルの開発を進めている。

一方、各航海において、車いすの利用が想定される船内の場所でのどのような加速度が作用するかを推定する技術も必要であるが、海象状況と船体運動の応答関数から加速度を推定することは、現在の技術で概ね可能である<sup>8)</sup>。

Fig.4 に旅客船内における車いすの走行モデル構築の流れ図を示す。先に構築した駆動力推定モデルに基づき、操作モデルを構築し、走行の軌跡を推定することにより、船内で所定の位置を走行させる場合の車いすの挙動が予測でき、船内における車いす走行の安全評価に資するものと考えられる。

### 5. 車いすの走行実験

#### 5.1 傾斜台を用いた走行実験

船舶のような傾斜面上で車いすを走行させる場合、車いすにどのような挙動が生じるのかを把握しておく必要がある。そこで、筆者らは、傾斜面上での車いすの挙動の調査や駆動に関する負担を調べる<sup>9)</sup>ため、傾斜台を用いた走行実験を行っている。実験は、主に横断、縦断走行について傾斜角を変えて行い、計測用車いすを用いて、車いすのトルク、速度、旋回角度等を計測している。Table 1 にデータの蓄積状況を示す。傾斜台による走行実験では、これまでにおよそ延べ 100 名の走行実験を行い、

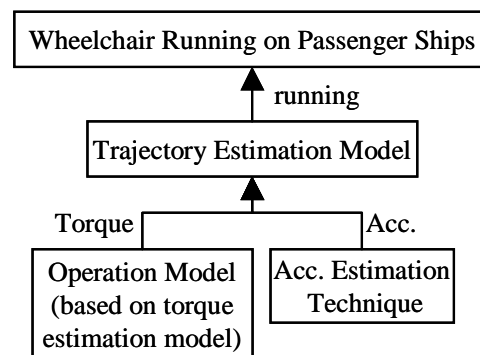


Fig.4 Numerical Simulation of Wheelchair Running on Passenger Ships

1,300 個近くものデータを蓄積している。

#### 5.2 実船実験

傾斜台のような静止状態だけでなく、動揺下における車いすの挙動を調べるため、実際に乗船し、航行中の船内での車いすの走行実験を実施している。これまでに筆者らは平成 13 年 3 月に北米航路のコンテナ船の体育室において、車いすの走行実験を行った。Table 1 に示すとおり、被験者は 3 名で、走行計測データ数はおよそ 220 個であった。実験は車いすを主に左舷から右舷方向、船尾から船首方向と、その逆方向に直進を意識しながら走行させるようにした。実験の測定結果および計測した船体加速度の例を Fig.5,6 に示す。図中のグラフは上から順に、体育室の床の加速度(船体を基準にそれぞれ前後方向、左右方向、上下方向)、車いすの左右後輪トルク、車いすの速さを表している。Fig.5 は車いすを左舷から右舷方向に、Fig.6 は車いすを船尾から船首方向に走らせた結果である。Fig.5 より、35sec 付近では船首側が上がっている状態で右後輪を強く漕いでいるのがわかり、42sec 付近では右舷側が下がっていったので、車いすが加速し、手でブレーキをかけているのがわかる。また Fig.6 より、34sec 付近では右舷側が下がっている状態で右後輪を強く漕いでいるのがわかり、逆に 40sec 付近では左舷側が下がっている状態で左後輪を強く漕いでいるのがわかる。このように動揺下で車いすを走行させた場合、様々な操作を行うことから、操作モデルについて検討する必要がある。

### 6. おわりに

Table 1 Number of Experiments using the special wheelchair

Type of Experiment	Number of Driver	Number of Experiments (approximate)
Slope	100(approximate) (The total number)	1,300
Ship	3	220

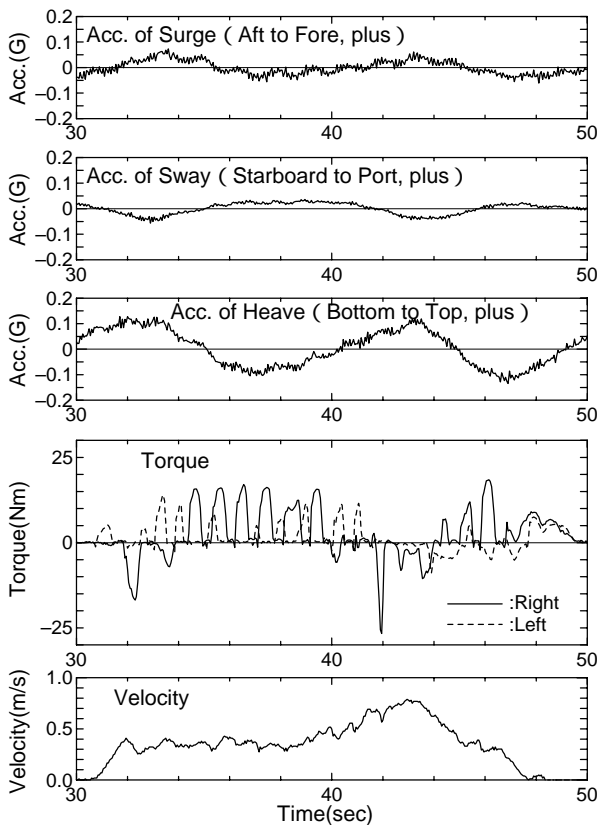


Fig.5 Example of running the wheelchair on the ship  
(Pattern 1, From Port to Starboard)

本報では、動揺下での車いすの挙動を予測することにより、船内で安全に車いすが利用できるようにするため、車いすの走行モデルの開発に向けて、駆動力推定モデルと操作モデルを構築していることについて述べた。駆動力推定モデルは、今後の研究を進めていく上で有用であることがわかった。一方、操作モデルについては、実際には人間の動作が入るため、完全な構築は困難であると考えられるが、これまでに蓄積してきたデータを元に開発を進めていくことで、実物に近い模擬走行ができるものと期待している。

最後に本研究を行うにあたり、貴重な助言を頂いた、大阪府立大学工学部海洋システム工学科有馬正和講師、(財)東京都地域福祉財団東京都福祉機器総合センター橋詰努氏に感謝いたします。また実船実験を行うにあたり、ご協力頂いた日本郵船株式会社ならびにコンテナ船の乗組員の方々と、傾斜台での走行実験にご協力頂いた被験者の方々にお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1)大橋将太:旅客船のバリアフリー化について, TECHNOMARINE, 日本造船学会, 第 856 号, pp.51-53(2000.10)。
- 2)有馬正和, 細田龍介:動揺環境における車いすのユーザビリティ評価に関する研究(第 1 報)-後輪ブレーキ状態の車いすのモデリング-, 日本造船学会論文集, No.188, pp.419-427(2000.11)。
- 3)今里元信ほか:旅客船内における車いすの走行シミュレーション-駆動力推定用基本モデルの開発-, (社)日本航海学会論

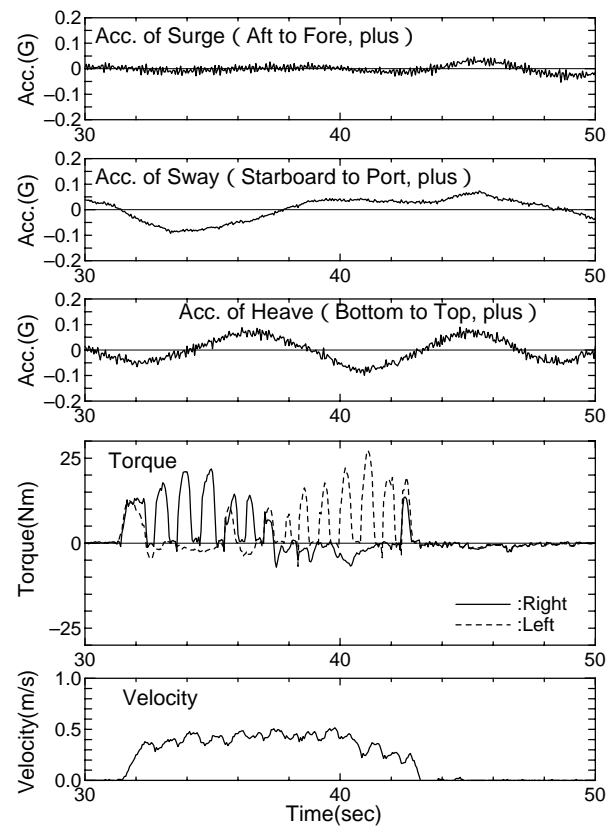


Fig.6 Example of running the wheelchair on the ship  
(Pattern 2, From Aft to Fore)

文集第 105 号, pp.35-41(2001.9)。

- 4)橋詰努, 米田郁夫ほか:手動車いすの走行性能の研究, 第 11 回リハビリ工学カンファレンス講演論文集, 日本リハビリテーション工学協会, pp.481-482(1996.7)。
- 5)鎌田実ほか:手動車いすの駆動に関する研究, 日本機械学会第 6 回交通・物流部門大会講演論文集(部門大会編), No.97-12, pp.253-256(1997.7)。
- 6)平田宏一ほか:船舶バリアフリーのための実験用車いすの開発, (社)日本設計工学会 2001 年度春季研究発表講演会論文集, pp.103-106(2001.5)。
- 7)今里元信ほか:旅客船内での車いす利用に関する研究, (社)日本設計工学会東北支部研究発表講演会論文集, pp.48-49(2000.10)。
- 8)福田淳一:船体応答の統計的予測, 耐航性に関するシンポジウム論文集, 日本造船学会, pp.99-119(1969.7)。
- 9)宮崎恵子ほか:船舶における手動車いす走行の評価指標, 第 16 回リハビリ工学カンファレンス 2001, 日本リハビリテーション工学協会, pp.169-172(2001.8)。
- 10)Rory A. Cooper, 田中 理, 大鍋寿一監訳:車いすのヒューマンデザイン, 医学書院(2000.8)。
- 11)水口文洋, 大鍋寿一:片流れ横断歩道の手動車いすによる横断シミュレーション, 第 16 回リハビリ工学カンファレンス 2001, 日本リハビリテーション工学協会, pp.53-56(2001.8)。
- 12)中川伸一ほか:「人にやさしい道路」を目指して -歩道横断勾配が車椅子の挙動に及ぼす影響-, 土木計画学研究・論文集, No.12, pp.775-786(1995.8)。