

下肢障害者用自動二輪車“スーパーエアラ”

Prototype Motorcycle for Lower Limb Physically Disabled “Super EARA”

橋 本 邦 彦*
Kunihiko HASHIMOTO
工 藤 隆 志*
Takashi KUDO

村 田 裕*
Yutaka MURATA
綱 島 功 祐*
Kousuke TSUNASHIMA

上 田 幸 也*
Yukiya UEDA
高 橋 恭*
Kyo TAKAHASHI

要 旨

車いすを利用している下肢障害者が独自で、乗降・走行・停止が可能なプロトタイプの自動二輪車“スーパーエアラ”を開発した。車両が装備すべき機能として、介助なしで車いすから二輪車への乗車・降車ができること、足をまったく使わずに発進・操縦・停車が可能なこと、介助なしで車いすを車両に積載できることなどを考慮した。さらに、乗り降りに用いる車高調整機構、転倒防止のためのアウトリガーやガス圧式エマージェンシースタンドを備えている。鈴鹿および茂木のサーキットで実走行した結果、装備機能の動作は許容レベルであることが確認された。

ABSTRACT

A prototype motorcycle "Super EARA", wheelchair users are able to ride on and off, drive and stop by themselves, has been developed. Function that the motorcycle should be equipped was considered in development. The function is starting, driving and stopping without using their lower limbs. A vehicle height adjusting system for riding on and off, outrigger and gas pressure type emergency stand to prevent stack are also equipped. It was confirmed that operation of equipment function is allowable by actual driving tests at Suzuka and Motegi circuits.

1. はじめに

本田技術研究所朝霞研究所で 2000 年にスタートした夢コンテストは、従業員の創造性の喚起を目的に、能力開発委員会が創造的なアイデアを募集審査し、選抜されたテーマを会社がその実現に向けてプロジェクトの推進をサポートするというものである。これは何にでもチャレンジするという Honda の DNA を継承するための場でもある。2001 年の夢コンテストにおいて、「車いす利用者にも二輪車でツーリングを」という「夢」が選抜され「スーパーエアラ」の開発がスタートした。

この夢を実現するために実際に車いすを利用して生活(受傷前は二輪車に乗っていたことのあった人)している人々(ホンダ R&D 太陽(株)の従業員)との議論を手始めに、彼らの望みが「できるだけ健常者と同じバイクに乗りたい」であり、また「自分で操作したい」との強い意思があることを確認した。その意思を尊重するには、これから開発するシステムが二輪車の操縦感や二輪車としての外観を妨げることがあってはならない。したがって、当初検討に含まれていた特殊な車輪構成やジャイロによる強制的な自立走行装置は不

適当と判断し、あくまでも二輪車としての操作、操縦感覚、外観を追求した。

2. スーパーエアラ開発経緯

今回開発した「スーパーエアラ」の外観を Fig. 1 に示す。その仕様諸元を Table 1 に示す。



Fig. 1 Super EARA

*朝霞研究所

Table 1 Specifications

Items	Specification	
Overall length (m)	2.265	
Overall width (m)	0.880	
Overall height (m)	1.080	
Ground clearance (m)	Upper	0.120
	Lower	0.075
Seat height (m)	0.630	
Vehicle mass (kg)	220	
Engine type	Liquid-cooled V-type two-cylinder	
Displacement (cm ³)	249	
Fuel tank capacity (l)	7.0	
Starting system	Electric starter	
Clutch type	Wet-type multiple disk clutch, coil spring	
Transmission type	Motor-driven shifting, constant-mesh	
Caster angle (degree)	31.5	
Trail (mm)	130	

2.1. 開発コンセプト

「スーパーエアラ」の開発は、下肢障害を持つライダーが単独の力で乗降・走行・停止がおこなえ、二輪車らしいそう快感や、二輪車を自在に操る楽しさを満喫できることを目標とした。対象とするライダーは下肢障害により車いすを利用している二輪車運転経験者とした。さらに、下記の要件を設定した。

- (1) 介助なしで車いすから二輪車への乗車・降車ができること。
- (2) 足をまったく使わずに発進・操縦・停止が可能なこと。
- (3) 介助なしで車いすを車両に積載できること。

2.2. 完成車イメージの検討

上記要件を具現化するようなイメージスケッチ3案を作成した。

Fig. 2 はリヤエントリー方式アメリカンで、ライダーが専用車いすに乗車したまま、車体後方からリヤフェンダ上のレールに沿い、乗車位置まで移動できる装備を備えた仕様である。降車時は乗車時の逆に移動できる。専用車いすは小

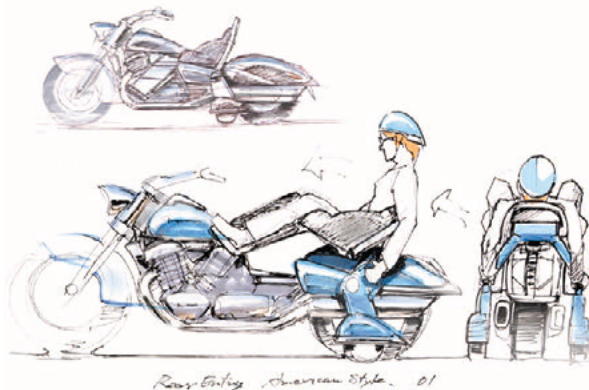


Fig. 2 Rear entry American type

径のタイヤが装備されており、電動で移動できるタイプである。Fig. 3は基本的には前者と同じだが、より人車が合体した形で車を造形した仕様である。Fig. 4は後二輪の三輪車でありながら、走行時は後輪を除く車体全体が左右にバンクでき、二輪車的な操縦感覚が得られるスイングタイプ三輪車である。これはバネ下にスイング機構があり、大排気量車に対応する。車体は足元のフロアが平坦なステップスルータイプであり、乗降が容易におこなえる利点がある。

以上のイメージスケッチを用いて車いす利用の人々とのディスカッションを進めるうち、Fig. 2, 3で提案されているような特殊な専用車いすではなく、日常に使用している車いすを載せる必要があること。また、大掛かりな装置は好まないことなどが判明した。Fig. 4については、二輪車的と言ってもタイヤは三つあり、「バイクに乗りたい」という夢の実現に対し、十分な満足度が得られないとの意見が上がった。

次に、アメリカン/スクータ/スーパースポーツ/ツアラーの各車両をホンダR&D太陽(株)に持込み、車いす利用の人々が実際に乗る(これは走行するわけではなく、止めてある二輪車に乗って頂くだけのことであるが。)機会を提供した。そこで、かれらの下肢障害の程度はさまざまで、あるせきつい損傷の方の場合、わき下数 cm より下の感覚がなく、腹筋もほとんどない状態にあることを知った。一般的に二輪車は腰で乗る乗り物だと言われ、腕だけで身体と車体のバランスを保ちバンクさせ車両をコントロールすることが下肢障害者にどこまで可能であるかの確認が課題であった。

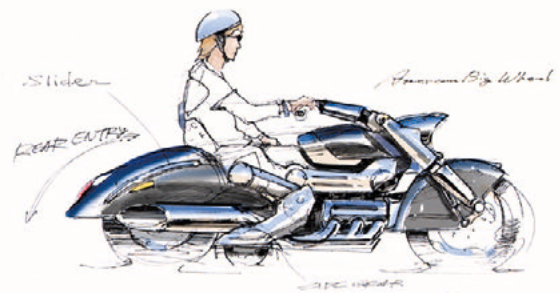


Fig. 3 New American type

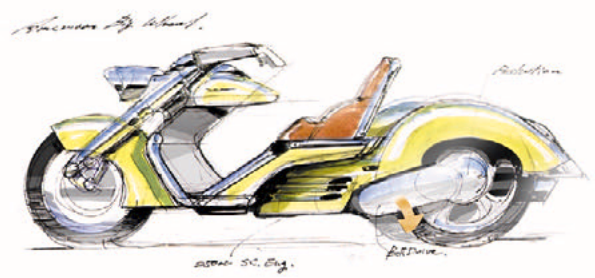


Fig. 4 Swing-type tricycle

2.3. 先行実験車を用いた問題点の抽出

実際に車いす利用の方々が何とか操縦可能な(我々の想定で)二輪車を先行実験車として仕立て、問題点の抽出と確認をおこなった。ベース車には車高の低いHONDAマグナ250を選び次の改造を施した。

- (1) リヤサスペンションを全屈位置で固定。
- (2) 幅、高さを調節できる固定式アウトリガーを装着。車体直立状態で左右共地面との適度なすきまを設け、低速で二輪走行ができるようにセッティングした。
- (3) ハンドル右レバーのみで前後ブレーキが連動するように改造(リヤディスクブレーキに換装)。
- (4) 肩甲骨下までの高いバックレスト、腰固定のサイドサポートを備え、座面がソフトなスペシャルシートを製作。

ホンダR&D太陽(株)で2人のライダー経験者に先行実験車の試乗を依頼した。1人のライダーはわき下数 cm より下に感覚がないため、シートバックレストの肩甲骨部当たりを強くし、そこで車体の動きをセンシングできるよう工夫した。アウトリガーは、車体直立状態で左右共地面との適度なすきまを設け、低速で二輪走行ができるようセッティングした(走行はローギア固定でおこなう)。まず、車体を我々が両側から垂直に支え発進をおこなったが、わずか数メートルでアウトリガーが接地し、試乗車が傾き停車してしまう。2人目のライダーは過去に二輪車レース経験者であった。彼は1回でバランスをとり走行することに成功した。

2.4. コンセプトの決定

さまざまな検討を経て、実現すべき二輪車像が徐々に明確化されてきた。車いす利用の人々が楽しめるべき夢の二輪車は、決して電気仕掛けや特異な外観を有する安楽な専用車ではない。サポートに必要な機構は最小限に抑え、ライダー自身の力により二輪車をコントロールする喜びを味わえることが必要である。また、車いす利用の人々が乗れる二輪車であると同時に、「バイクとしての魅力」を誰に対してもアピールできる外観が望ましい。さらに、二輪車でツーリングするという夢の実現にはライダー自身の力で乗降・操縦が自己完結することが必要である。

2.5. エンジンの選択

二輪車の乗車フィーリング(バンクしながらの旋回など)を十分に体感できる排気量であることおよび、加減速を楽しめるという意味からも 250cc レベルの動力性能が望ましいと判断した。加えて以下のことも考慮した。

ライダーの乗降性を確保するためには、通常の二輪車の燃料タンクに該当する部分を極力低くして乗り易くする必要がある。そのため、吸気系が前方に位置するエンジン全高の

小さいVT250(市販車のエンジンをベースにすることを基本としていたため。)のエンジンを選択した。V型2気筒のエンジン選択は車体幅、車体重量をそれぞれ小さく、軽量にする上でも有効であった。

2.6. 技術課題の抽出

下肢障害を持つライダーが二輪車を独力で運転するために、下記の付加機能が必要である。

- (1) 「介助なしで車いすから乗車・降車ができること」を実現するには、乗降時・発車時・停車時に二輪車が安定して自立していること。
 - (2) 足で操作する機能を手で代替させる機能が装備されていること。
 - (3) 乗車した後、ライダーの前後保持性を確保すること。
 - (4) ライダ乗降時に障害となる車体構造物を極力なくすること。
 - (5) 車いすは健常者の足に等しく、車いすおよび車いす付属のクッションはライダー乗車時、車体に搭載すること。
- 実際のレイアウトを Fig. 5 に、最終仕様のイラストを Fig. 6 に示す。

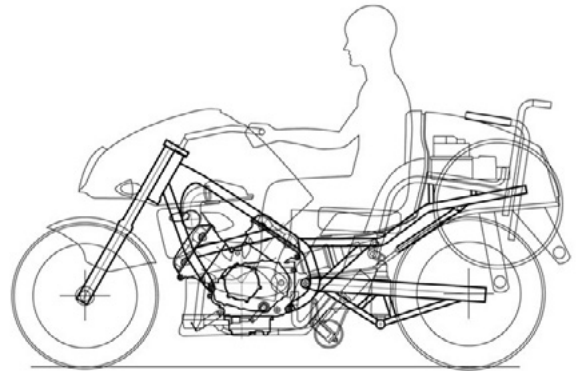


Fig. 5 Layout of Super EARA



Fig. 6 Illustration of Super EARA

3. 「スーパーエアラ」に搭載した技術

3.1. 車体自立システム

下肢障害を持つライダーが二輪車に乗るためには、乗降時・停車時に車体が安定して自立していなくてはならない。例えば、停車時に車体を支える機構として、収納式のアウトリガーが考えられる。しかし、必要な車体の自立安定性を得るには、アウトリガーの十分な張り出しスパンと強度が必要となり、かなりの大きさ、重量となることが予想される。反面、走行時は二輪車として十分な運動性や外観を確保するため、アウトリガーを迅速に小さく車体収納できなくてはならない。この相反する課題に対し、「スーパーエアラ」では、停車時に車高を下げる車高調整機構とコンパクトなアウトリガーを組み合わせる独自の自立システムを採用し解決を図った。また、自立システムの作動の確実性と安全性を考慮し、それを補完する種々の機構を考案した。以下にそれらの詳細を説明する。

3.1.1. 車高調整機構

ライダーの乗降性を向上させるために停車時に自動車高調整機構を後輪サスペンションに搭載した。車高調整機構を Fig. 7 に示す。ハンドル右側にあるスイッチを下に押し下げ

ることにより、二個のアクチュエータが作動し、リンクを介してサスペンションのアップピボットが回転し車高が約 50mm 下がる。さらにスイッチを押し上げると上記の逆方向へ作動し、走行状態の車高に戻る。

3.1.2. アウトリガー

車体下部に設置されたアウトリガーは車高調整機構と連動し、右ハンドルのスイッチにより二個のアクチュエータが作動し、リンクを介してアウトリガーが車輪と地面の距離が約 25mm 点まで開く。スイッチを押し上げると上記の逆方向へ作動し、スイングアーム横のフットレスト後方カバー内に収納される。アウトリガーを Fig. 8 に示す。

ライダーが乗車する際、車体は右あるいは左に傾斜して駐車している。ライダーはハンドルの先端に手をかけ乗り込むことになる。発進は三点接地の状態からクラッチをつなぎ、ライダーの意思で二輪走行に移行した後アウトリガーを格納する。アウトリガーの作動は、自動(車速応答タイプ)および手動とに切替えられるようになっている。現時点ではライダーにとって最も良いと思われるアウトリガーの格納開始車速が状況によって異なる。あらゆる状況に応じた制御は不要であるため、今回のプロトタイプでは手動タイプで走行した。

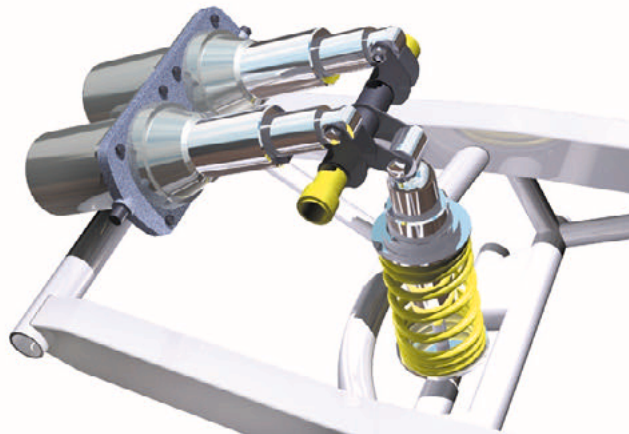


Fig. 7 Vehicle height adjusting system



Fig. 8 Outrigger

3.2. アクチュエータ制御システム

「スーパーエアラ」に新たに装備した電装品は、アクチュエータコントロールユニット、アウトリガーモニタディスプレイ、各アクチュエータである。アクチュエータは車高調整用、アウトリガー駆動用、シフトペダル操作用があり、いずれもアクチュエータコントロールユニットでコントロールしている。電装品構成ブロック図を Fig. 9 に示す。

コントロールユニットは車体のリヤシートカウル内に搭載されている。アクチュエータは 24V 電源で駆動される。

3.3. アウトリガー動作確認用ビジュアルモニタ

ビジュアルモニタを Fig.10 に示す。停車時にアウトリガーが何らかのトラブルで下がっていない場合、二輪車は

転倒する。したがって、アウトリガーの動作状況を示すインジケータを装備したが、ライダーの不安は解消できていない。それらの問題を解決するため、アウトリガーリンクピボット部に、一個で左右同時に撮影可能なカメラを設置し、タンク型シェルタ上に設置されているモニタにアウトリガーが常時映し出されている。アウトリガーが開いたとき、車輪がモニタの中央に映し出され、確認性の向上およびライダーの不安要素の軽減を図っている。

3.4. ガス圧式エマージェンシースタンド

ガス圧式エマージェンシースタンドを Fig. 11, 12 に示す。走行中、エンジン停止/再始動不可能とアウトリガー不作為が同時に起こった場合の対応としてガス圧式エマ-

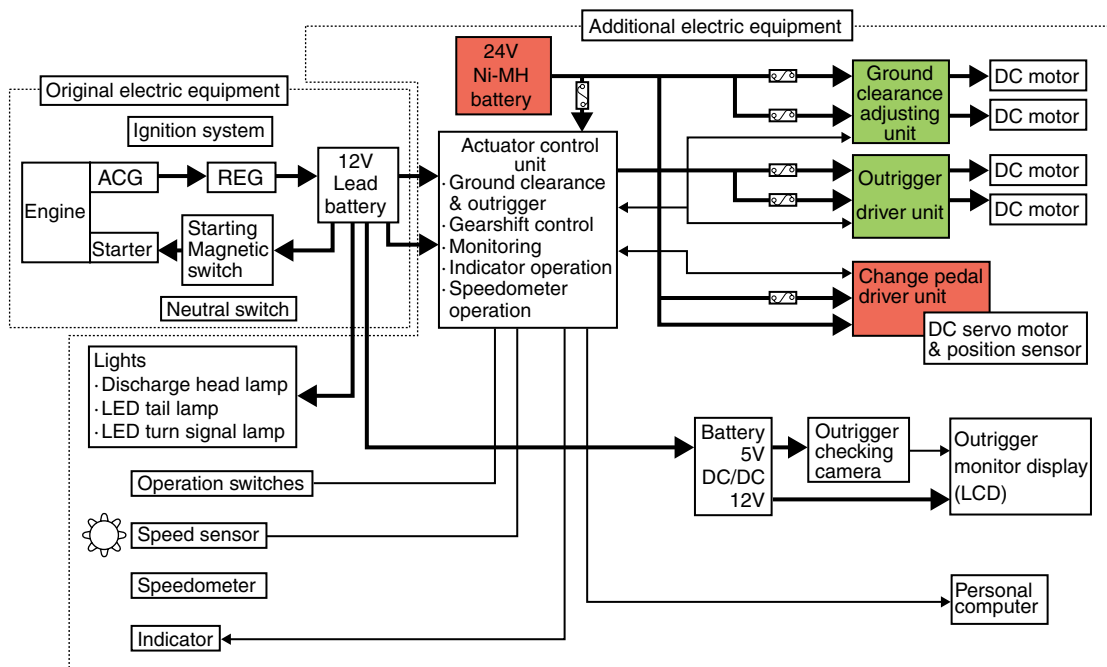


Fig. 9 Illustration of electric circuit



Fig. 10 Monitor of outrigger position

ージェンシースタンドを備えた。システム自体をできる限りコンパクトにするためインフレイタブルマット構造とした。作動時はライダーを含めた車重を支える強度が必要になるので、マットに伸びの少ない丈夫なポリエステル基布の素材を採用し耐圧性を高めた。さらにポリエステル糸と外周のナイロンベルトなどを付加することで剛性を確保した。また、右手でひもを引っ張るという物理的でシンプルな手法でポンベに穴を開けることで作動は瞬時におこなわれる。穴の大きさやエアチューブ、ジョイントなどの抵抗を最適化することでエマージェンシースタンドの展開速度を確保した。左右のフットレスト下に設置されたマット(左右計10リッター)は100kPaまで加圧し地面に接地させることで転倒を防止することができる。

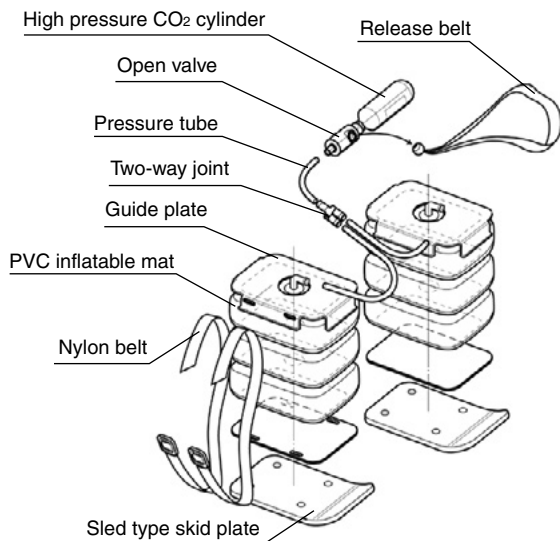


Fig. 11 Structure of gas pressure type emergency stand

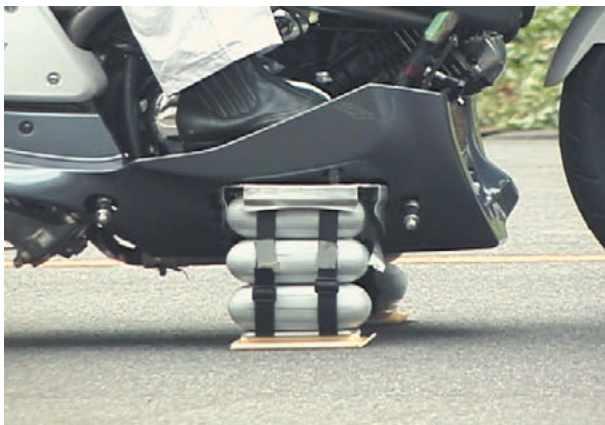


Fig. 12 Side view of gas pressure type emergency stand

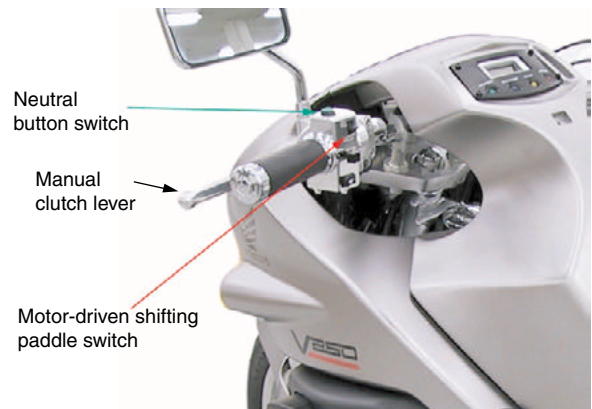


Fig. 13 Manual control gearshift system

3.6. 乗降支援用の可動式タンク型シェルタ

可動式タンク型シェルタを Fig. 14, 15 に示す。車いすから二輪車に乗降する際に、高い位置に大きな燃料タンクがあると乗降の障害になる。そこで、燃料タンクをシェルタの下方に移動させ、タンク型シェルタを設けた。このタンク型シェルタは、乗降時にシェルタ全体を跳ね上げることが

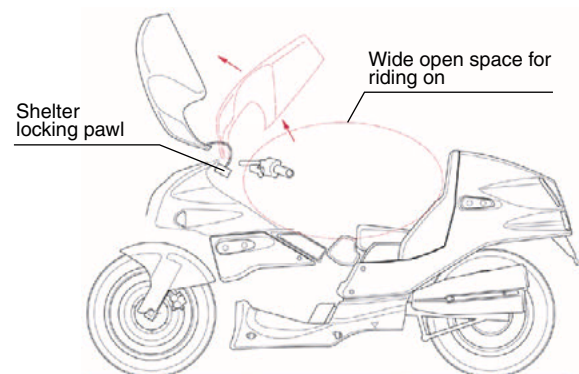


Fig. 14 Layout of movable shelter

3.5. 手動ギヤシフト機構

手動ギヤシフト機構を Fig. 13 に示す。ハンドル左側にあるスイッチを下に押し下げることにより、24V 電源を持つ一個のアクチュエータが作動し、リンクを介してシフトスピンドルが回転し、ローギヤ又は一段低いギヤに変速される(スイッチを押し上げると上記の逆方向へ作動し、一段高いギヤに変速される)。また、ローギヤの位置のときハンドル上部にあるボタンを押すと、ニュートラル位置にシフトできる。クラッチレバー操作はベース車マグナ 250 と同じものを使用した。

ライダーの操作ミスをできるだけ少なくするために、操作系=ブレーキ(前後連動)は右手操作に、シフト操作は左手ボタンシフト(電動シフト)に配置した。

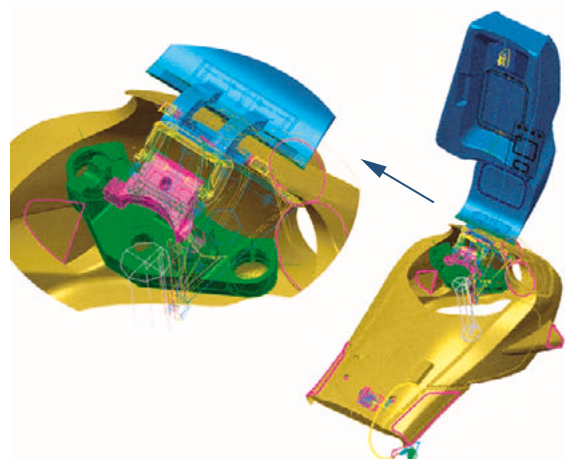


Fig. 15 3D drawing of movable shelter

できる。跳ね上げた状態でヒンジ部の突起がハンドルバーをくわえ込み、ハンドルが動かぬよう固定される。その結果、シート前方に大きな空間が生まれ、ライダーは足を持ち上げて容易にまたぐことができるようになる。また、車いすから乗り移る際には、固定されたハンドルを支えにすることができる。さらにシェルタを下げることによって、ライダーの前後方向の移動を制限しシートポジションを安定させることに役立っている。その他、ステップボードや左側のハーフステップ、特殊なシート形状などもライダーの操縦をサポートするとともに、乗降時の支援をおこなうよう考慮されている。

3.7. 車いす搭載装置

車いす搭載装置を Fig. 16 に示す。ライダーにとって、車いすは健常者の足に等しく、自由に行動するために手放せないものである。したがって、車いすは常にライダーとともにある必要があり、二輪車に積載できることはもちろん、積み下ろしもライダー自身が容易にスピーディーにおこなえなくてはならない。以下にその手順を示す。

- (1) ライダーは乗車した状態で車いすをたたむ。次に右手で車いすをガイドレールAに内側車輪が当たるまで引き寄せる。
 - (2) ガイドレールA上を車いすの内側車輪の回転を利用し、右手で持ち上げる。
 - (3) 車いすが持ち上がるとガイドレールBに当たり、傾きが補正されガイドレールC上に乗る。ガイドレールC上面は滑りやすくなっており、車いすは自重で後方に移動し、エンドプレートに当たりロックされる。
- 以上の全ての動作は数秒で完了することができる。

4. 実車走行結果

実車走行テストは、鈴鹿および茂木のサーキットにおいて、最高速130km/hまで実施した。下肢障害をもつ車いす

利用者が単独で乗降・操縦ができ、二輪車らしいそう快感や二輪車を自在に操る楽しさを満喫できるという目標を許容しているとの評価であった。

そのときの走行状況を Fig. 17 に示す。静止状態を Fig. 18 に示す。



Fig. 17 Running view of Super EARA



Fig. 18 Stopping view of Super EARA

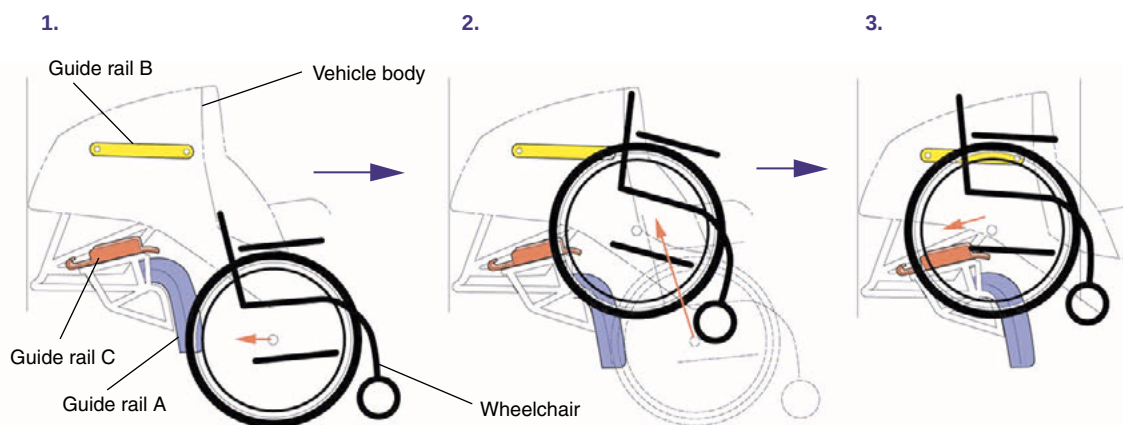


Fig. 16 Wheelchair carrying equipment

車体自立システムの動作も、限定されたコースではあるが、期待する動作の確認ができた。ライダーは習熟するに従い、発進停車時のアウトリガー収納、車高調整をより早いタイミングでおこなうようになり、スムーズな走行を披露した。また、その際のビジュアルモニタでの動作確認も容易におこなえた。

5. まとめ

今回達成した技術は、現在のところサーキット等の限定されたコースでのみ走行可能なレベルである。Moto-GP(鈴鹿、茂木)と鈴鹿8時間耐久レースという大イベントでデモ走行し、展示という機会を通じて、多くの二輪車ファンや車いす生活の人々から賛同を得ることができた。

6. あとがき

四輪車の場合においては障害を持つ人であっても公道を走行することができるまでに至っている。将来、この技術を発展させることによって二輪車でであっても同様な状況を具現化できればと考える。

■ 著 者 ■



橋本 邦彦



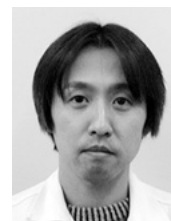
村田 裕



上田 幸也



工藤 隆志



綱島 功祐



高橋 恭