

**障害者自立支援機器等開発促進事業**

**安全で使い勝手の良い簡易形電動車いすに関する開発**

**(3年計画の1年目)**

**平成22年度 総括・分担報告書**

**開発代表機関 アイシン精機株式会社**

**平成 23 (2011) 年 4 月**

## 目 次

### I. 報告

安全で使い勝手の良い簡易形電動車いすに関する開発

代表機関名 アイシン精機株式会社

A. 開発目的	-----	1
B. 開発する支援機器の想定ユーザ	-----	2
C. 開発体制	-----	2
D. 試作した機器またはシステム	-----	2
E. 開発方法	-----	3
F. 実証試験	-----	4
G. 開発で得られた成果	-----	5
H. 予定してできなかったこと	-----	11
I. 考察	-----	12
J. 結論	-----	12
K. 健康危険情報	-----	12
L. 成果に関する公表	-----	12
M. 知的財産権の出願・登録状況	-----	12

## 「安全で使い勝手の良い簡易形電動車いす」に関する開発

開発代表機関 アイシン精機株式会社

### 開発要旨

本開発は、社会的な問題となっている電動車いすの安全をテーマとし、技術開発の立場から解決策を提案しようとするものである。

本開発では、簡易形電動車いすユーザーが傾斜路を横切る際に、片流れ現象によって車体が意図しない方向に走行していくことを低減し操作者に起因する危険性を軽減する片流れ検知・軽減走行技術を簡易形電動車いすに搭載し、安全で使い勝手のよい電動車いすを試作した。実証試験として、屋内の8度の一定傾斜の模擬路を走行し、ジョイスティック操作角度を比較したところ、制御ありの方がなしに比べて約1/2まで軽減され、インタビュー結果から走行容易性、安心感、走行中の座位姿勢保持の安定性などの有用性が認められた。又、屋外の斜面や凹凸地を含む屋外走行試験では、車いすの方位振れ角とジョイスティック操作角度で制御ありの方がなしに比べて平均で1/2～1/3に納まり、インタビュー結果から走行時の疲労感が少ないという結果を得、横傾斜路以外の路面での試験走行の必要性が明らかになった。

今後の課題として、ジョイスティックの操作量と操作負担及び疲労との関係、制御した場合の座位姿勢に対する有効性の調査が必要ながわかった。さらに量産化するための評価基準を構築する必要性が明確になった。

#### 開発責任者

飯田教和 アイシン精機（株）  
ライフ&アメニティ技術部  
グループマネージャ

#### 開発分担者

松本 治 （独）産業技術総合研究所  
知能システム研究部門  
グループリーダー

井上剛伸 国立障害者リハビリテーション  
センター研究所  
福祉機器開発部 部長

加茂光広 アイシン精機（株）  
ライフ&アメニティ技術部  
チームリーダー

#### 開発協力者

硯川 潤 国立障害者リハビリテーション  
センター研究所  
福祉機器開発部 研究員

#### A. 開発目的

電動車いすは、障害者・及び高齢者の自立移動を促進する有効な福祉機器である。

日本では高齢化に伴って、電動車いすの出荷台数は年々増加しており、2009年度までの累計出荷台数は約550千台である。（図A-1）

その中で、簡易形電動車いすは、軽量で気軽に自家用車などに積載し遠くへ移動し、移動先でも障害者の自由な移動を助ける大変便利な福祉機器であり、年間4千台、累計4万8千台の出荷実績がある。

一方、製品評価技術基盤機構に1985年5月から2008年1月末までに寄せられた事故情報は96件である（製品事故のみ、交通事故は含まない）。事故の内訳は、転落、転倒、踏切での事故が64%を占め（図A-2）、事故の原因は、操作ミスが25%を占めて

いる。(図 A-3) 発生場所別の事故件数は、坂道が 17 件で 18%, 平坦路が 29 件で 30% (そのうち、舗装道が 24 件, 凹凸道が 6 件で 6%), 踏切が 14 件で 15%, 段差が 9 件で 9% を占めている。(図 A-4) さらに事故の詳細として、道路の路肩から用水路に約 1.7m 下の用水路に転落し、電動車いすの下敷きとなり死亡、ビルの正面入口に設置してある段差板を直角に進行したところ、前輪が浮き上がり、気がついたら床に倒れる、その際、頭と上腕にケガを負った、などが報告されている。

簡易形電動車いすは、前輪が回動自在のキャスターで構成され、車軸が乗員の重心近くにあるため、小回りが効く反面、傾斜面などの複雑な路面では容易に向きが変わってしまい、操作者の意図しない方向に車両が進んでいってしまうことが少なくない。

本開発では、簡易形電動車いすが歩道の横断歩道のアプローチなどの坂道を横切る際に谷側、すなわち車道側に流れていく片流れを検知・軽減することで、既存の簡易形電動車いすユーザーである障害者及び高齢者の自立移動の可能性を拡げることを目指す。

## B. 開発する支援機器の想定ユーザー

想定ユーザーは、既存の簡易形電動車いすの利用者を想定している。

簡易形電動車いすユーザーは、手動式の車いすが使えないか、あるいはその操作が著しく困難な重度障害者や高齢者である。

わが国の身体障害者数は厚生労働省平成 18 年身体障害児・者実態調査結果によれば、3,483 千人であり、うち脳血管障害下肢障害、骨間接疾患、リュウマチ疾患、脊椎損傷、脳神経疾患、小児麻痺、

筋ジストロフィ、脳性麻痺など、また、内部疾患である心臓機能障害、呼吸器機能障害などの全体の 80%, 2,786 千人が車いすのユーザーであると考えられる。身体状態により電動車いすが給付されているユーザー数は不明であるが、先の累計出荷台数 550 千台から類推すると、10% 程度の車いすユーザーが電動車いすのユーザーであると考えられ、さらに簡易形はその 10% 程度であり、30 千人程度が簡易形電動車いすのユーザーと考えられる。決して大きな市場とはいえないが、安全な簡易形電動車いすを望んでいるユーザーは少なくない。

## C. 開発体制

本開発では、電動車いすの販売実績を持ち、新技術の実用化に関する知見を有するアイシン、電動車いすの安全確保のために必要となる環境認識および運動制御技術に関する高度で先端的な技術力を有する産総研、および、想定される支援機器ユーザーや厚生労働行政に関する深い知識を有する国リハ研の密接な協力関係のもと開発を推進することで、安全で信頼性高く動作する簡易形電動車いすを開発する。(図 B-1)

機器の開発にあたり、有識者である作業療法士・早川弘子氏(学校法人弘前城東学園 弘前医療福祉大学 准教授)、理学療法士・白井宏明氏(社会福祉法人名古屋市総合リハビリテーション事業団)の助言を得ながら実証試験及び機器の改良を行った。

## D. 試作した機器またはシステム

今年度は、まず昨年度の障害者自立支援プロジェクト「安全に配慮された電動車いす」で試作した図 D-1 に示す 0 次試作機を用い、片流れ検知・軽減制御のパラメータ

の最適化を行った。その後、アイシンで量産している簡易型電動車いすタオライトⅡmの車軸位置、転倒防止バー構造等を流用し、フレーム形状の見直しをおこなって図D-2に示す1次試作機を試作した。その仕様を表D-1に示す。加速度センサ、ジャイロセンサ、モーター制御部などは右手すり部下に配置された制御ボックス内のマイコン内蔵の制御基板上に実装し、3軸角度、角速度及び加速度を検知可能とした。制御基板上のマイコンでセンサの情報処理を行い、左右車輪駆動用モータトルクを適切に制御することで、片流れ検知・軽減制御が実現できるシステムを開発した。

## E. 開発方法

今年度は、産総研の実験室内の模擬傾斜路上において研究従事者による走行試験を繰り返し、片流れ検知・軽減制御法におけるパラメータの適正化と制御項の追加を行い、より自然なフィーリングの片流れ検知・軽減制御法を開発した。

さらに、国リハ研において簡易型電動車いすユーザによる屋内模擬傾斜路面での走行試験と敷地内屋外走行試験を行い、開発した制御手法の有効性検証を行った。屋内走行試験では、実際の簡易型電動車いすユーザに屋内に設置した傾斜路を走行していただき、片流れ検知・軽減制御を有効にした場合と無効にした場合について、車載データを取得した。敷地内屋外走行試験では、約1.5kmの走行コースを決め、同じく片流れ検知・軽減制御をありにした場合となしにした場合について、実際の簡易型電動車いすユーザに走行していただき、車載データを取得した。具体的には、両実験において走行中のジョイスティックの左右方

向の操作量や左右駆動車輪の角速度、車体のヨー角速度などのデータを取得し分析を行った。

なお、上記の試験のうち、産総研の実験室内の模擬傾斜路上における研究従事者による走行試験については、昨年度試作した車いす（0次試作機）および今年度新たに試作した車いす（1次試作機）を使って実施した。国リハ研における簡易型電動車いすユーザによる試験については、東日本大震災による影響で、0次試作機のみにより実施した。

### E-1. 片流れ検知・軽減制御手法の改良

昨年度開発した制御手法による片流れ軽減効果の向上を図るため、制御パラメータの適正化を行った。そのため、産総研の実験室内における模擬傾斜路を活用し、研究開発従事者による走行試験を繰り返した。模擬傾斜路は長さ約4mの路面が5度から15度の間で傾斜角度を自由に変更できるものである。模擬傾斜路には電動車いすの直進走行性能を評価するために、実験のスタート位置とゴール位置を決め、それぞれ電動車いすの停止時における左右の駆動車輪位置に印を付けた。ゴール位置は電動車いすがスタートしてから約3m直進して停止する位置に設定した。この模擬傾斜路において、ジョイスティックの横方向の操作を無効にした電動車いすで横断走行を行い、定数を変更しながら繰り返し実験を行った。ジョイスティックの横方向の操作を無効にして実験を行ったのは、ユーザの操作による介入を無くすことにより、客観的なデータを取得できると考えたからである。

片流れ検知・軽減制御に関するパラメータの変更方法は、まずヨー角速度、ヨー角

度（車いすを上面から見たときの回転角度）、ロール角度（車いすを背面から見たときの回転角度）の制御パラメータがそれぞれ電動車いすの片流れ検知・軽減制御の動作にどのように影響してくるのかを知るために、ヨー角速度、ヨー角度、ロール角度の制御パラメータをそれぞれ基準値に定め、これを基本設定値とした。そして3つの基準値を1つずつ増減しながら、傾斜5度に設定した傾斜路をジョイスティックの横方向の操作を無効にした状態にして繰り返し走行した。そして、実験結果から制御パラメータの値の変化による片流れ検知・軽減制御への影響を調べて、影響の大きい順に設定する順番を決定した。

制御パラメータが適正な値かどうかを判断する目安は、模擬傾斜路のゴールの位置と電動車いすが走行してゴールで停止した時の駆動車輪の位置の誤差とし、具体的には、傾斜路走行を10回繰り返し、この誤差の平均が10cm以内の値を適正值とした。

## E-2. 新規開発した簡易型電動車いすに搭載するため制御パラメータの適正化

昨年度開発した簡易形電動車いす（0次試作機）は駆動車輪の車軸が操縦者の座席のほぼ真下にあるが、今年度新規開発した電動車いすは車軸が座席の後方にシフトし、通常の簡易型電動車いすに近い位置にある。そのため、昨年度開発した0次試作機よりも片流れしやすい構造になっている。そのため、このモデルにあった定数の適正化を行う必要がある。

適正化の方法は、0次試作機同様、初めにロール角だけで制御を行い、次にヨー角速度、ヨー角度の順に制御パラメータを決

定する。

## F. 実証試験

### F-1. 倫理的配慮

実証試験にあたっては、まず試作機に想定される危険源を特定し、その対策を講じるとともに、事前に開発者による走行試験を行うことで安全性を確認した。また、実証試験のエンドポイント、想定される不利益や危険性について事前にチェックを行い、その対策について十分検討した。個人データの管理は、実証試験責任者が一括して行い、保管場所の施錠等、漏洩の無いよう十分な配慮を行った。収集したデータについても匿名化した上で管理を行った。

アイシンでは開発者による実験、産総研内では健常者の方を対象とした実験のみを行い、国リハ研では歩行に障害がある方を対象とした実証試験を行った。このため、国リハ研、産総研それぞれの倫理審査委員会による審査を行い、さらに日本生活支援工学会による倫理審査を受審し、2重の体制を取った。日本生活支援工学会[資料F-1]の説明書および同意書を作成した（実際の説明書には実験責任者の詳細な連絡先および実験に従事する者全ての情報が記載されているが、資料F-1では省略している）。実証試験に関する事項は、これらの説明書による書面説明を行い、同意書による同意を得たうえで実施した。歩行に障害を持つ被験者の募集は、当事者団体から日常的に簡易型電動車いすを使用されている方で、褥瘡等により座位の保持が困難ではなく、健康状態に問題のない方、また日常生活を送る上での判断能力に支障がなく代諾者を必要としない方の紹介を受け、作業療法士による適正確認を実施して選出した。

以上のことから、倫理面の問題は発生しなかったと判断している。

## F-2. 試験方法

### F-2-1. 屋内走行実験

国リハ研における屋内走行実験は、図F-1のように、実際に簡易型電動車いすを使用している方に屋内に設置された傾斜角度8度の模擬傾斜路を横断する評価を行った。被験者の身体評価と車いすの操作などの特性については事前に調査し、随時フィッティングを行い、被験者の負担を最小限にする配慮をした。

主観評価として、福祉用具満足度評価(QUEST2.0)・福祉機器心理評価スケール(PIADS)、資料F-1に示すアンケート用紙を用いてアンケート・インタビューを行った。

客観評価として、ジョイスティックの左右方向の操作量や左右駆動車輪の角速度、ヨー角速度などのデータを取得した。

模擬傾斜路にはスタート位置とゴール位置を明記し、被験者の方にはスタート位置からまっすぐにゴールに向かって走行していただくよう指示した。試験は片流れ検知・軽減制御のあり、なし、それぞれ15回ずつ傾斜路を繰り返し走行していただいた。この時、被験者の体力に十分注意しながら、途中休憩をはさみながら試験を行った。

取得したデータから片流れ検知・軽減制御が被験者の電動車いすの操作にどのような変化が出ているかを、車載センサデータから分析した。

### F-2-2. 屋外走行試験

国リハ研の敷地内で、簡易型電動車いす

ユーザが、あらかじめ設定したコースを走行する、屋外走行試験を行った。

被験者の身体評価と車いすの操作などの特性については事前に調査し、随時フィッティングを行い、被験者の負担を最小限にする配慮をした。屋外走行実験では特に予期せぬ危険が伴うことが予測されたため、事前に開発者による試走を繰り返えし、危険予知に勤め、試験路の確認はもとより、当日の天候による被験者の負担の確認、介助、周囲、前方の安全確保など安全に十分配慮をして試験を行った。

取得データに関しては、主観評価、客観評価共にF-2-1. 屋内走行実験と同様のデータを取得した。

コースは一周約1.5kmで、コース内には歩道の切り下げ部や歩道から横断歩道への進入、傾斜のあるカーブ、凹凸の激しい歩道といった走行が不安定になる場所(課題箇所)が39ヶ所設けられた。

被験者には片流れ検知・軽減制御をありにした場合となしにした場合で、1周ずつ走行していただき、この時のジョイスティックの左右方向の操作量や左右駆動車輪の角速度、ヨー角速度などのデータを取得した。取得したデータは課題の箇所ごとに分析し、片流れ検知・軽減制御のあり、なしで被験者の操作にどのような変化が出ているかを調べた。

## G. 開発で得られた成果

### G-1. 開発従事者による走行試験

ヨー角速度の定数が片流れ検知・軽減制御にもたらす影響を知るために、ヨー角速度、ヨー角度、ロール角度のそれぞれの制御パラメータについて、ヨー角速度に関してのみ増やした。走行試験を繰り返し実施

した結果、基準設定値で走行した時と比べて、左右に振動しながら電動車いすの向きを山側へ戻そうとする働きが増すことが分かった。

次に、ヨー角度の定数が片流れ検知・軽減制御にもたらす影響を知るために、ヨー角速度、ヨー角度、ロール角度のそれぞれの制御パラメータに関して、ヨー角度に関してのみ増やした。繰り返し走行試験を実施した結果、基準設定値で走行した時と比べて、電動車いすが徐々に片流れした分を補正しようとする働きが増すことが分かった。

最後にロール角度の定数が片流れ検知・軽減制御にもたらす影響を調べるために、ヨー角速度、ヨー角度、ロール角度のそれぞれの制御パラメータに関して、ロール角度に関してのみ増やした。繰り返し走行試験を実施した結果、基準設定値で走行した時と比べて、電動車いすが傾斜路の山方向へ大きく外れることが分かった。

これらの結果から、ロール角度の定数が片流れ検知・軽減制御に大きく影響していることが分かった。よって定数を決める際には、まずロール角の制御パラメータを決め、次にヨー角速度、ヨー角度の制御パラメータを決めれば、定数の適正化ができると考えられる。

この方針の下に、実際に制御パラメータの適正化を行った。まずロール角の定数を設定するために、ヨー角速度とヨー角度の定数を0にして、ロール角だけで片流れ検知・軽減制御を行うように変更した。その条件で模擬傾斜路をジョイスティックの横方向の操作が無効の状態で行った時、ゴール位置で停止した時の駆動車輪の位置とゴールの印との誤差が最小となるロール角

の制御パラメータを探索した。制御パラメータを変更して走行実験を行った結果、ロール角の制御パラメータをその値より大きくすると山側へそれて停止し、小さくすると谷側へそれて停止する値を見つ、その値をロール角の制御パラメータの適正值とした。

次にヨー角速度の制御パラメータを調整した。ヨー角速度の制御パラメータは値を大きくすると片流れ軽減効果が増すが、大きくし過ぎると車体が左右に振動する。よって、乗車実験を繰り返して左右の振動が気にならない範囲における最大値をヨー角速度制御パラメータの適正值とした。

最後にヨー角度の制御パラメータを調整した。ヨー角度の制御パラメータは大きいと片流れ軽減効果が増すが、大きくし過ぎると平地走行時の電動車いすの旋回性能が落ちる。よって旋回性能に影響がない範囲内の最大値をヨー角度の制御パラメータの適正值とした。

これらの結果から、電動車いすの片流れ検知・軽減制御のヨー角速度、ヨー角度、ロール角度の適正值を設定し、この定数で傾斜路をジョイスティックの横方向の操作を無効にした状態で走行する実験を実施した。約3m走行して、誤差が平均で谷側に6cmという結果になり、片流れ検知・軽減性能が良好であることが示された。

図 G-1 は研究開発従事者が片流れ検知・軽減制御をありにした場合となしにした場合で、角度8度の傾斜路を走行した時のジョイスティックの横方向への倒し角を比較したグラフである。また図 G-2 は片流れ検知・軽減制御をありにした場合となしにした場合で、ジョイスティックの横方向への倒し角を積分して比較したグラフである。

ここでいう積分とは時間積分ではなく、ジョイスティックの横の動きの変化量の絶対値を足しこむことにより求められるものであり、ユーザが横方向に動かした量のトータル値を指している。この値を比較することにより、同じ場所を走行する時のジョイスティックの操作量が比較でき、ユーザの操作負担を評価することが可能となる。

図 G-1 を見ると、片流れ検知・軽減制御がなしの場合は、13度を中心に10度から23度の間で値が変化している。この結果により、ユーザが片流れしないよう山側へ平均で13度倒しながら操作していることが分かる。一方、制御がある場合は、ほぼ0度を中心に操作が行われている。よって8度の傾斜路を横断する場合でも、平地で走るときと同じような操作で走行可能であることが分かる。

図 G-2 を見ると、片流れ検知・軽減制御がある場合、なしの場合と比べてジョイスティックの横方向操作量の積分値がおおよそ3分の1になっている。この結果から、ユーザの操作量が大幅軽減されていると言える。

## G-2 屋内走行試験(傾斜路横断)

国リハ研内の屋内走行試験において、被験者は、6名。神経変性疾患1名、脳血管疾患2名、頸髄損傷1名、小児麻痺(ポリオ)2名にて実施した。

主観評価としてインタビュー、QUEST2.0とPIADSを行った結果が資料G-1である。

今回の試験ではQUEST2.0の質問1、質問2共に、項目1～8の福祉用具についてのみ調査を行った。PIADS、QUEST2.0の結果に明確な差異は認められなかったが、インタビュー結果からは片流れ検知・軽減制御

機能ありの場合の走行の容易性、安心感、走行中の座位姿勢保持の安定性などの有用性が認められた。

図 G-3 と図 G-4 は、国リハ研内で実施した簡易形車いすユーザを対象とする被験者試験の結果である。それぞれ国リハ研屋内試験で片流れ検知・軽減制御がなしの場合とありの場合に関して、ジョイスティックの横方向への倒し角と電動車いすの左右方向への変位を表わしたグラフである。図 G-3, 4 において、マイナス側の値は斜面の山側を示し、プラス側が斜面の谷側を示す。電動車いすの左右方向の変位を見ると、図 G-3, 4 共に、スタートしてから停止するまでの間の4m進む間に、約10cm程度谷側へ落ちていることが分かるが、進行距離と比較してごく僅かなずり落ちであり、ほぼ直進しているということが分かった。

片流れ検知・軽減制御がなしの場合、ジョイスティックの左右方向倒し角の値が-4度を中心に-2度から-6度の間で変化した。この結果から、ユーザが常に斜面の山側に平均で4度ジョイスティックを傾けながら操縦を行っていることが分かった。一方片流れ検知・軽減制御がある場合、ジョイスティックの倒し角の値がほぼ0度を中心に-3度から3度の間で変化していることが分かった。この結果から、ユーザの操作負担が軽減されていることが分かった。

図 G-5 は、片流れ検知・軽減制御がなしの場合とありの場合でのジョイスティックの横方向への倒し角の積分値を比較したグラフである。前述のように、ユーザがジョイスティックを横方向に動かした量のトータル値である。片流れ検知・軽減制御がある場合、ジョイスティックの操作量が

4 / 5に減少することがわかった。図 G-2 に示した研究開発実施者による試験結果では1 / 3まで操作量が軽減したが、これは慣れによるものであると考えられ、長時間使って慣れることにより、本制御の有効性がさらに増すのではないかと考える。

### G-3 屋外走行試験

実環境での走行における本制御手法の評価を行うために、図 6 のような国リハ研敷地内で約 1.5 kmの走行コースを設定し、簡易型電動車いすユーザによる被験者試験を実施した。具体的には、設定コースを片流れ検知・軽減制御をありにした場合となしにした場合について2回走行した。

被験者は、脊髄小脳変性症、59歳の女性に依頼した。

主観評価としてのインタビュー、QUEST2.0とPIADSを行った結果が資料G-2である。

QUEST2.0の結果で差があったのは項目8(有効性)に於いてのみで制御ありの方が得点が高くなった。PIADSの結果においては、制御なし-3点に対し制御ありで2点と差が認められた。インタビューより、片流れ検知・制御機能がありの状態のほうが走行時の疲労感が少ないという結果を得た。

客観評価のポイントとして、事前に設定した39か所の課題箇所から特に片流れ検知・軽減制御がありの場合となしの場合とで違いが大きく出たポイントの計5か所を選んだ。図 G-6 の写真の箇所が選択した5つの課題箇所である。5か所それぞれでデータを取得したデータを解析し、片流れ検知・軽減制御がありの場合となしの場合の電動車いすの向きとジョイスティックの倒し角を比較したグラフを作成し、評価した。

電動車いすの向きはマイナスが左方向、プラスが右方向を示している。またジョイスティックも、電動車いすの向き同様マイナスが左方向、プラスが右方向を示している。

#### G-3-1 課題番号05

図 G-7 と図 G-8 は課題番号5の歩道切り下げ部(右傾斜2.6度)を片流れ検知・軽減制御がありの場合となしの場合で走行した時の、電動車いすの向きとジョイスティックの左右方向への倒し角をそれぞれ比較したグラフである。

制御がなしの場合の電動車いすの向きを表わすグラフを見ると1m地点と5.5m地点で電動車いすが谷側へ流れようとしていることが分かる。一方、制御がありの場合、電動車いすは片流れせず、直進していることが分かる。また、制御がなしの場合のジョイスティックの倒し角を見ると、1m地点と5.5m付近で大きくジョイスティックを倒していることが分かる。これは電動車いすが谷側へ流れないようにジョイスティックを逆側へ操作して片流れを防いでいるからであると考えられる。一方、制御がありの場合、ジョイスティックの左右方向倒し角の値はほぼ0近傍の値を示している。これは、制御が効いていることにより、電動車いすが片流れしなくなったため、操縦者自身で片流れを防ぐ操作をする必要がなくなったからであると考えられる。

#### G-3-2 課題番号12

図 G-9 と図 G-10 は課題番号12の駐車スペースの脇(右傾斜5.2度)を制御がありの場合となしの場合で走行した時の電動車いすの向きとジョイスティックの倒し角をそれぞれ比較したグラフである。

図 G-9 の電動車いすの向きを表わすグラフを見ると制御がなしの場合、電動車いすが左右に大きく振れていることが分かる。これは電動車いすが片流れで谷方向へ向いたのを、ジョイスティック操作により戻そうとしたためであると考えられる。一方、制御がある場合は左右の振れは小さい。これにより、電動車いすが左右に振れることなく直進していることが分かる。

図 G-10 の制御がなしの場合のジョイスティックの倒し角のグラフを見ると-3度を中心に-8度から2度の間で操作している。これにより操縦者は電動車いすが片流れしないよう山側に3度のカウンターを当てながら走行したことが分かる。一方、制御がある場合、ほぼ0度を中心にジョイスティックの操作が行われている。これにより平地走行とあまり変わらないジョイスティック操作が行われていることが分かる。

### G-3-3 課題番号20

図 G-11 と図 G-12 は課題番号20の屋根付きの歩道を、同じく制御をありにした場合となしにした場合で走行した時の電動車いすの向きとジョイスティックの横方向への倒し角を比較したグラフである。この歩道はタイルが所々剥がれており、凹凸の激しい歩道となっている。

制御がなしの場合の電動車いすの向きは大きく左右に変化している。またジョイスティックの倒し角も左右に操作されている。これは歩道の凹凸により前輪キャスターがとられ、左右に振れてしまった車体を補正しようとジョイスティックで操作したものの、車体の揺れが激しかったため、ジョイスティック操作が思うようにいかなかったことによるものと考えられる。ジョイステ

ィックの細かな動きは、この車体の振動による影響だと考えられる。

制御をありにした場合、電動車いすの向きとジョイスティックの倒し角の値は制御がなしの場合と比べて大きく変化していないことが分かる。これにより制御をかけることにより車体の振れを軽減可能であることが分かる。片流れ検知・軽減制御はヨ一方向の変化を読み取るため、今回のような凹凸の激しい道でも安定性確保する効果が発揮できると考えられる。

### G-3-4 課題番号24

図 G-13 と図 G-14 は課題番号24の複雑な凹凸のある歩道を、制御をありにした場合となしにした場合で走行した時の電動車いすの向きとジョイスティックの横方向への倒し角を表わしたグラフである。この歩道は歩道中央を縦に伸びる点字ブロック付近がくぼんだ状態になっている(左傾斜1.0度、右傾斜6.0度)。

制御をなしにした場合、電動車いすの向きが-7度から6度の間で大きく変化していることが分かる。また、ジョイスティックの横方向への倒し角は-7度から8度の間で変化している。これは課題番号20と同様、歩道の凹凸が激しいため、前輪キャスターがとられ、左右に振れた車体を補正しようとジョイスティックで操作したものの、車体の振動が激しく操作が思うようにいかなかったことに起因するものと考えられる。また、ジョイスティックの横方向への倒し角のデータに車体の振動による手ぶれが発生していることが分かる。

制御をありにした場合、電動車いすの向きは-4度から3度の間で値が変化している。また、ジョイスティックの横方向への

倒し角の値は-3度から3度の間で変化している。どちらの値も制御をなしにした場合と比べて振幅が小さくなっている。これも課題番号20と同じ理由で、片流れ検知・軽減制御がヨー方向の値を読み取り、電動車いすの振れを小さくしていると考えられる。

### G-3-5 課題番号31

図G-15と図G-16は課題番号31の凹凸の激しい路面を、制御をありにした場合となしにした場合で走行した時の電動車いすの向きとジョイスティックの横方向への倒し角を表わしたグラフである。この道は、ひび割れや、穴があいており不安定な道であった。

制御をなしにした場合、電動車いすの向きは-13度から9度の間で変化している。またジョイスティックの値は-19度から10度の間で値が変化していることが分かる。この走行実験データでも所々ジョイスティックで大きな入力を入れて電動車いすを安定させようとしていることが分かる。しかし、車体の振動による手ぶれの影響なのか、車体の向きが安定していない。

制御をありにした場合、電動車いすの向きは振れが小さく、制御をなしにした場合と比べて安定していることが分かる。またジョイスティックの倒し角も0度を中心に-5度から8度の間で変化しており、制御をなしにした場合と比べて操作が安定していることが分かる。

図G-17と図G-18は、各課題において前述のように電動車いすの向きとジョイスティックの横方向への倒し角を積分して、制御ありの場合となしの場合で比較したグラフである。

図G-17から、制御をありにした場合の方がなしにした場合に比べて、電動車いすの向きの積分値が小さくなっていることが分かる。この結果から、制御をありにすることにより、車体の振れが少ない安定した走行が実現できたと言える。また、図G-18から制御ありの場合の方がなしの場合に比べてジョイスティックの横方向への倒し角の値が小さくなっていることが分かる。また、課題5と12は一方向に流れている路面、課題20、24、31は左右両方に傾斜する凹凸のある路面であるが、後者の方がジョイスティックの左右方向角度の積分値が小さくなっている。これは前者のように一方向に傾斜している路面を横断する場合は、制御がなしの場合においても、ジョイスティックを左右どちらかに傾けた状態を保持することで走行可能であり、特に斜度が緩やかな路面だと変化量としてはあまり変わらない。しかし、後者のように左右両方に頻繁に傾きが変化する路面上では、ジョイスティックを左右に変化させるため、積分値で比較すると、ジョイスティック操作の負担効果がより一層発揮されると考えられる。これらの結果から、片流れ検知・軽減制御の効果は、左右の凹凸が激しい不安定な路面上でもジョイスティック操作の負担軽減効果が大きいということが確認できた。

### G-4 新規開発した簡易型電動車いす（1次試作機）の制御パラメータの適正化

今年度の本事業において新規開発した簡易型電動車いす（1次試作機）について、0次試作機と同様の方法で制御パラメータの適正化を行った。まず、ヨー角速度とヨー角度の制御パラメータ値を0にして、ロール角だけで片流れ検知・軽減制御を行っ

た。繰り返し走行実験を行い、ロール角度の適正值を決定した。次に、ヨー角速度の適正化を行った。ヨー角速度の定数は値が大きくなるほど制御時の横揺れが大きくなる。よって、この横揺れが大き過ぎず、片流れを軽減する定数を探索した。繰り返し走行実験を行い、横揺れが大き過ぎず、片流れを軽減する値にヨー角速度の制御パラメータを決定した。最後に、ヨー角度の制御パラメータの適正化を行った。ヨー角度は値を大きくし過ぎると平面走行時の旋回性能が落ちる。よって旋回性能を落とさず、片流れを軽減する定数を探索し、決定した。

この実験により新型の簡易型電動車いすのヨー角速度、ヨー角度、ロール角度の各適正值を決定した。実際に片流れ検知・軽減制御をありにした場合となしにした場合で斜面横断走行実験（斜度8度）を行い、ジョイスティックの横方向の操作を比較したグラフを図G-19に示す。また、ジョイスティックの操作量を積分して比較したグラフを図G-20に示す（グラフではマイナス側の値は斜面の山側を示しており、プラス側が斜面の谷側を示している。）。

図G-19から片流れ検知・軽減制御をありにした場合、1m地点を通過してからジョイスティックの倒し角の値が0度を中心に-5度から5度の間で変化している。これに対し、片流れ検知・軽減制御をなしにした場合では、1m地点を通過してからジョイスティックの倒し角の値が-5度を中心に-20度から7度の間で変化している。この結果から、制御をありにした場合の方が、安定した走行ができていることが分かる。

この実験はスタート地点が斜面上にあるため、スタート後のジョイスティックの左

右方向への倒し角の値を見ると、制御をありにした場合、制御をなしにした場合の、どちらとも山側へ大きくジョイスティックを倒している。これは、新規開発した電動車いすの重心位置が、0次試作機よりも前方にあるため、谷側にずり落ちを発生するトルクが大きく、それを抑制するモータトルクが目標のトルクに達するまでの間に谷側へ流れることから生じるものである。

図G-20から制御をありにした場合の方が制御をなしにした場合と比べて、ジョイスティックの左右方向倒し角の積分値の値が1/2に減っていることが分かる。

#### H. 予定してできなかったこと （ご指摘事項と対応方法）

3月に予定していた1次試作機を用いての実証評価は同月に発生した東日本大震災、その余震、交通、ライフラインの混乱の影響で中止を余儀なくされた。23年度早々に実施する予定である。

0次試作機の実証試験において屋外実験の被験者数が未達となった。理由は対象者が就労している場合が多く月～金曜日に複数日拘束しての実施が困難であったこと、又、冬季の実験となったため被験者の身体的負担を考え最小限の人数とした。ただし、人数は少なかったもののジョイスティックの操作ログなどから、有用なデータは取得できており、この後の被験者数増加は1次試作機でおこなうべき、と判断した。

その他、評価会、発表会の会場などで識者の先生方から下記の①～③のようなご指摘があった。今後の開発に生かしていきたい。

指摘①本機能の装着拡大を検討すること。  
回答①簡易形電動車いすでの販売のみを考

えていたが、今後は他社との協業も視野に入れ装着機種種の拡大を検討する。

指摘②量産化モデル(1次試作)が片流れし易く取り回しの悪い構造となっている。

回答②21年度より制御技術を重点に開発しており車体構造に関しては未着手の状況。今後は、車軸の位置など車体構造の最適化を検討していく。

指摘③制御する事による背反事項(心理面も含め)を検討すること。指摘③制御する事による背反事項(心理面も含め)を検討すること。

回答③片流れ検知・軽減制御の効果がユーザの操作性や使用時の注意力等に与える影響について、アンケート調査等により解析し、制御方法の改良につなげる。また、片流れ検知・軽減制御を含むソフトウェアのリスクアセスメントや信頼性評価を実施し、システムとしての完成度を上げる。

## I. 考察および J. 結論(今後の進め方)

今年度の活動として、0次試作機にて実証試験を実施し、客観的データの収集、1次試作機を製作し、量産に近い製品での評価に着手ができた。結果として、片流れ検知・軽減制御手法を見直し、制御性能の向上を図り、ジョイスティックの操作量低減、走行軌跡の安定、実環境での安定した挙動の確認ができた。

屋外コース試験から、本制御技術が、凹凸面・二次曲面など単純な横傾斜路以外を走行する際の操作負担や疲労の軽減という新たな効果を示唆する結果が得られた。

今後の課題として

1. ジョイスティックの操作量と操作負担及び疲労との関係、制御した場合の座位姿勢に対する有効性を調査し検証する。

2. 本機能の装着拡大を検討する。(電動ユニット化による他社、普通電動車椅子への展開)

3. 量産化するにあたって片流れ検知・軽減機能の評価基準を構築する。(車軸と重心位置による片流れ量と制御時の効果に対する判定基準など)

4. 車いす全体の評価としてJIS評価およびアイシンオリジナルの強度評価(片流れ検知・軽減制御を含むソフトウェアの信頼性評価を実施し、システムとして完成度を上げる。)

の4項目に取り組み、平成25年度には量産化をめざす。

## K. 健康危険情報

開発者側、当事者側ともに特になし

## L. 成果に関する公表

第37回 国際福祉機器展 H.C.R. 2010

平成22年9月29日～10月1日

東京ビッグサイト

・アイシン精機ブース

・福祉機器開発最前線

(出展予定)

第14回国際福祉健康産業展

～ウェルフェア2011～

平成23年5月20日～5月22日

ポートメッセなごや

・アイシン精機ブース

## M. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

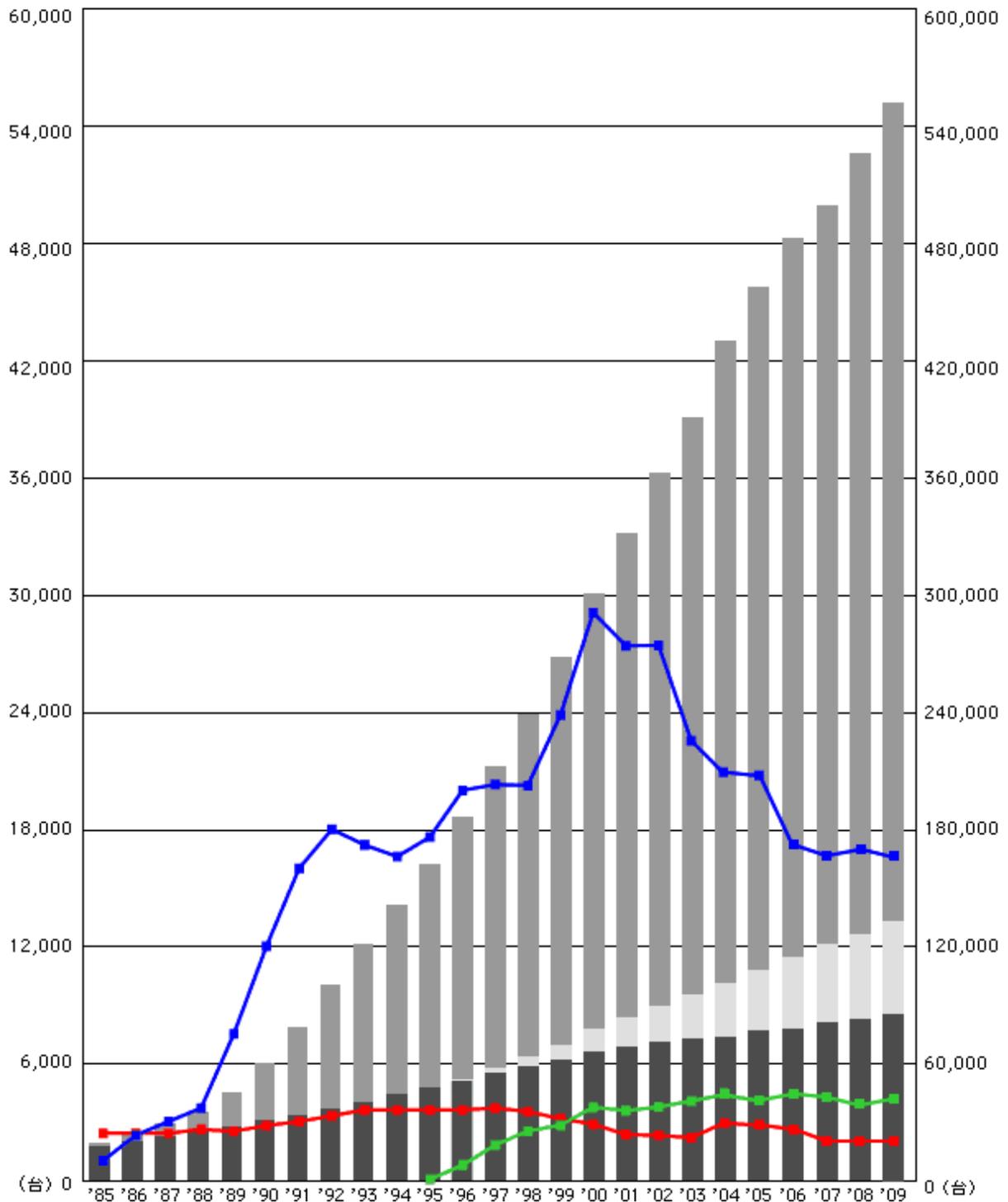
特許1件出願予定

単年出荷台数

- ハンドル形
- ジョイスティック(簡易)形
- ジョイスティック(標準)形

累計出荷台数

- ハンドル形
- ジョイスティック(簡易)形
- ジョイスティック(標準)形



図A-1 電動車いすの出荷台数の推移

[出典：電動車いす出荷台数の推移，電動車いす安全普及協会HP  
<http://www.den-ankyo.org/transition.html>，2011年3月31日確認]

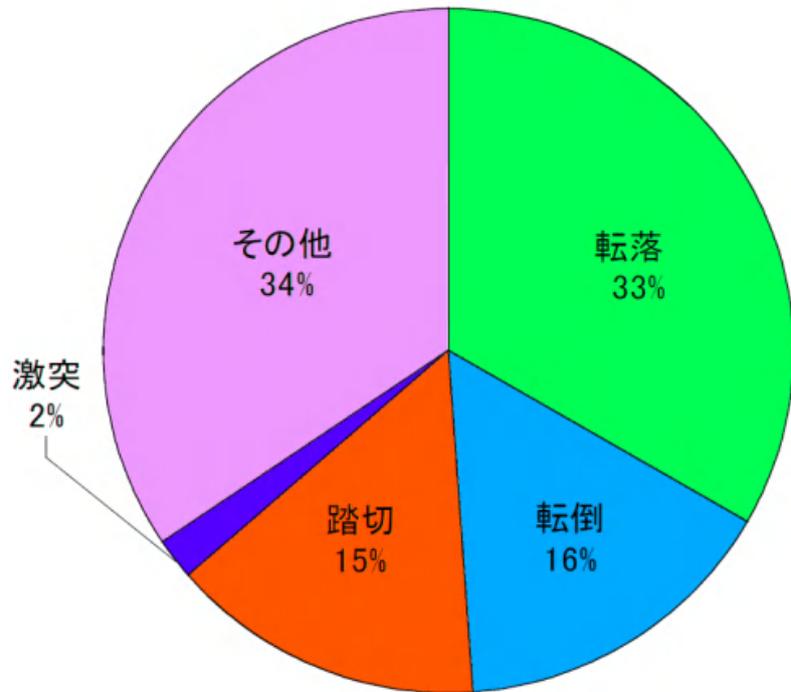


図 A - 2 事故事象別事故分類

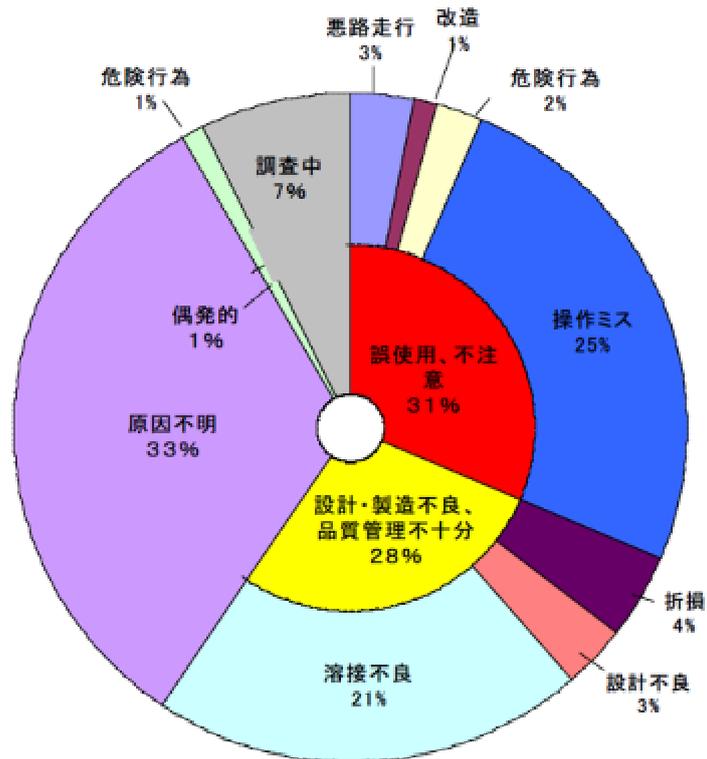
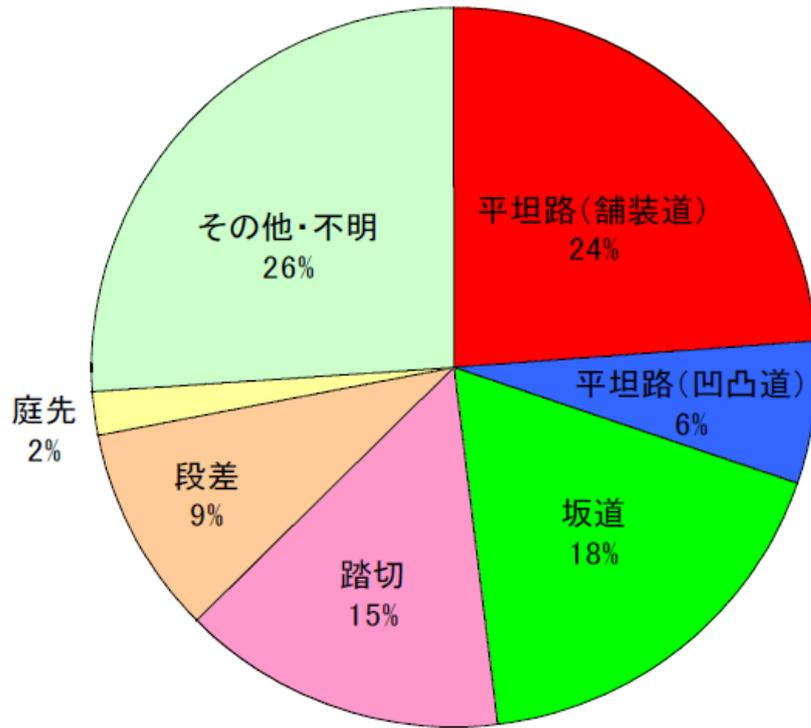
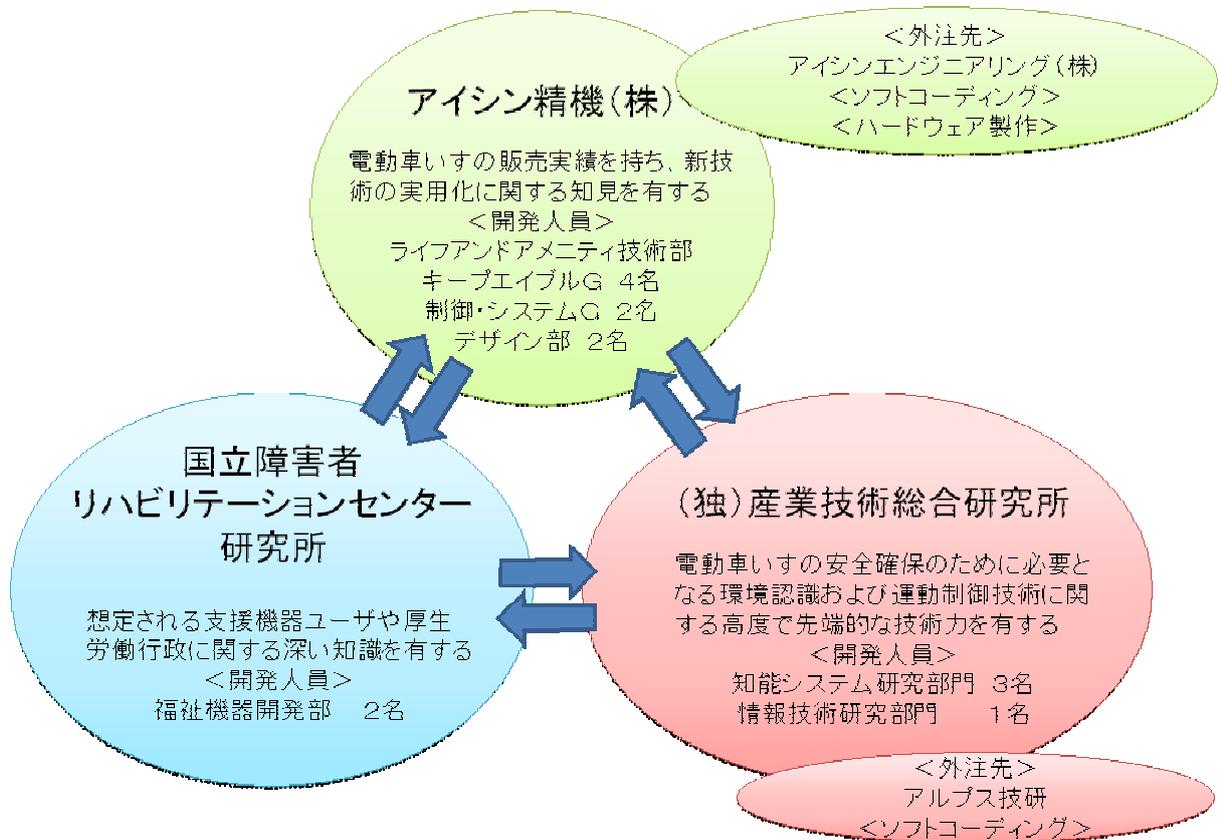


図 A - 3 事故原因別分類



図A-4-4 発生場所別分類

[図A-2~4 出典：独立行政法人製品評価技術基盤機構  
平成19年度ハンドル形電動車いすの安全性調査報告書]



図B-1 開発体制



図D-1 0次試作機



図D-2 1次試作機

表D-1 開発した電動車いすの仕様

重量	30kg (0次試作機, バッテリーを除く) 22kg (1次試作機, バッテリーを除く)
外形寸法 (W×D×H)	730mm×1190mm×850mm (0次試作機) 730mm×1190mm×850mm (1次試作機)
駆動系	住友重機械工業(株)製 RNFM006-K151 (LorR)-DV-B-33 (0次試作機) 住友重機械工業(株)製 RNFM006-K151 (LorR)-DV-B-33 (1次試作機)
ロータリエンコーダ	100pulse/rev.
バッテリー	リチウムイオンバッテリー 24V 9.5Ah
制御用マイコン	(株)ルネサステクノロジ製, SH7047F
レートジャイロ	エプソントヨコム(株)製, XV-3500CB
3軸加速度センサ	トレックスセミコンダクター(株)製, H34C