

2016年10月24日

ご支援いただいた皆さま

和歌山大学 システム工学部
RT-Movers チームリーダー/教授 中嶋秀朗

サイバスロン大会結果報告

和歌山大学 RT-Movers は、パワード車いす部門に出場し、見事、世界で第4位となりました。皆様からいただいたご支援により、大会に向けた取り組みをしっかりと進めたことができたからです。

今回の大会を通じて、技術の社会へのあり方、研究開発の方向性、意義など改めて考えさせられ、また、決意を新たにすることができました。新しい研究アイデアもすでに頭を駆け巡っています。皆様そして社会へ成果を還元できるように、今後も研究開発を進めていきますので、今後ともご支援を賜りますようよろしくお願い申し上げます。



図:大観衆の中、世界で4位のゴールを決めた瞬間(ETH Zürich/Alessandro Della Bella)

以下、大会報告を記載します。

【Cybathlon とは】

2016年10月8日、スイスのチューリッヒ郊外でサイバスロン(Cybathlon)という前代未聞の大会が開催された。この大会は、最先端のロボティクス技術や生物機械工学技術を駆使して、障害を克服した上で障害者アスリートが競い合う国際大会だ。第一回目の大会が世界的に有名なスイス連邦工科大学チューリッヒ(ETH Zurich)の主催で開催された。世界25ヵ国から66チームが結集して競い合った。スイス国営テレビが大会を生中継し、世界各国のメディアの取材を規制するほどスイスとしての力の入れようは大きかった。

町には大会の看板や案内板、そしてサイバスロンのラッピングバスもあり、とてもよい雰囲気を出していた(図1)。また、多くのボランティアが随所で活躍していたのも忘れられない。我々のチームは朝の6:30に空

港に到着するフライトだったにも関わらず、シャトルバスで向かいに来てくれたのはボランティアの方だった。



図1. 町内会の掲示板に掲載されたサイバスロンポスター

ここで早速だが、サイバスロンを他のロボットの大会から際立たせている理由を述べたい。人と機械の融合（サイボーグ）がサイバスロンの特徴であることは間違いないが、それに加えて、本当のユーザの存在があげられる。一般的なロボットの大会は、例えばロボット同士の競い合いだったり、あるいは、相当練られていたとしても仮想的な環境で大会が行われる。そのため、どこか現実味が感じられない。あるいは自分と同じレベルで感情移入ができない。サイバスロンは、実際に日常生活で使用するユーザが操縦者あるいは装着者（パイロット）となって、機器を使いこなしながら競い合うのである。障害者であるパイロットが日常生活で機器を使用する状況で競い合うため、現実味のレベルは全く異なる。そしてアスリートが本気で競い合うことで生まれる感動は大きい。実は私がサイバスロンに出ようと決心した理由も、このような大会の趣旨が私の研究方針と一致しているからである。

【競技種目とルール】

パワード（強化型）義足レース、パワード義手レース、パワード外骨格レース、パワード車いすレース、機能的電気刺激バイクレース（FES）、ブレインコンピュータインタフェースレース（BCI）の6種目である。FES と BCI 以外の各種目は、それぞれの障害者が日常生活でバリアになっているタスクが幅 3m 長さ約 40m のエリアに 6 つ用意されている。例えば、義手で洗濯物を干す、義足で飛び石を移動する、車いすで階段を上り下りするなどである。種目によってタスクの構成は異なる。各タスクにはポイントが設定されており、クリアしたタスクの合計点で競い合う。ポイントが同じ場合には、タイム勝負となる。

【パワード車いす部門の場合】

タスクは以下の 6 つである。それぞれ簡単に説明する。基本的には体や車いすが設置物と接触したり、コースをはみ出すとそのタスクは失敗となる。タスクをクリアするとポイントが得られる。全タスククリアで合計 660 ポイントとなる。

1. テーブル（101 ポイント、図2）

高さ 70cm のテーブルの下に車いすに乗ったまま太ももが半分以上入ること。

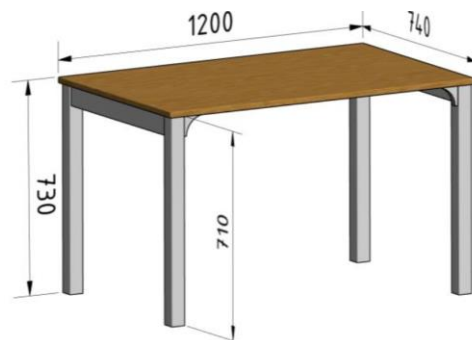


図2. テーブル（大会ルールブックより抜粋）

2. スラローム（102 ポイント、図3）

間隔が 140cm のポールの間をジグザグに走行すること。

3. スロープ+ドアの開け閉め（104 ポイント、図4）

20 度傾斜を上ったところにドアがあり、そのドアを開けて、通り、ドアを閉める。その後 15 度の傾斜がある。

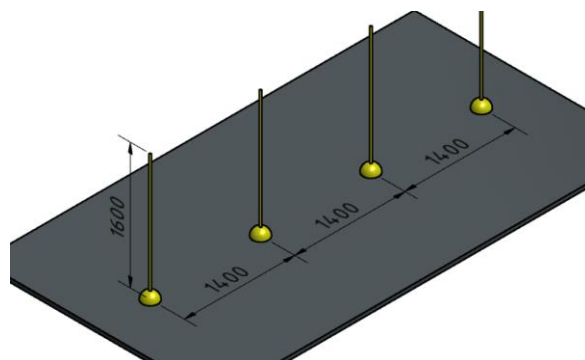


図3. スラローム（大会ルールブックより抜粋）

4. 凹凸路面（108 ポイント、図5）

直径 12cm と 8.6cm の半割丸太が敷かれた路面を移動

する。

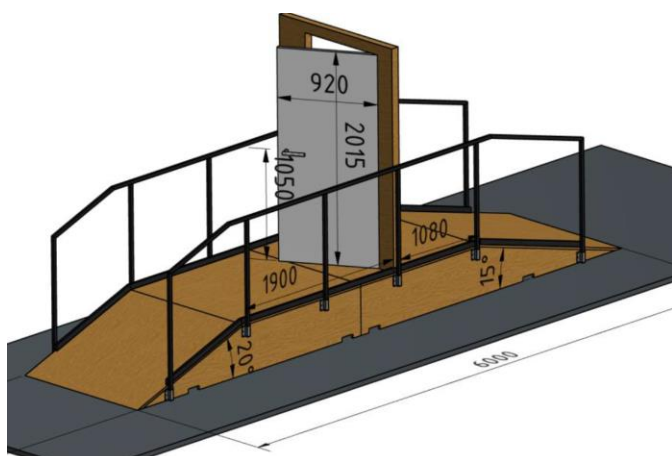


図4. スロープ+ドアの開け閉め(大会ルールブックより抜粋)

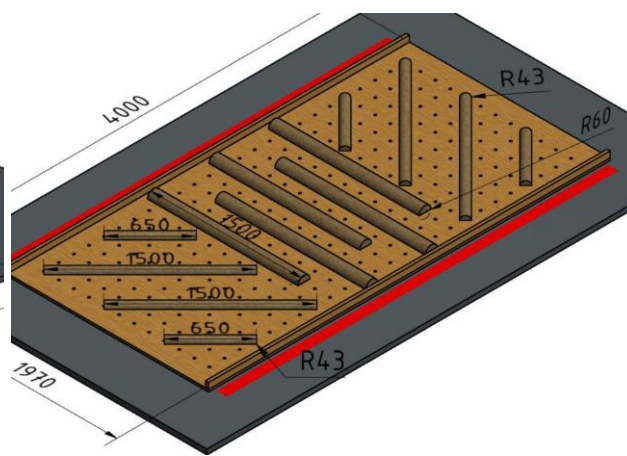


図5. 凹凸路面(大会ルールブックより抜粋)

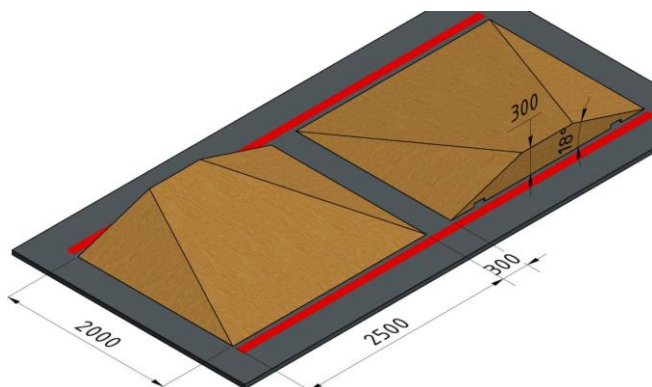


図6. 左右入れ違い傾斜面横断(大会ルールブックより抜粋)

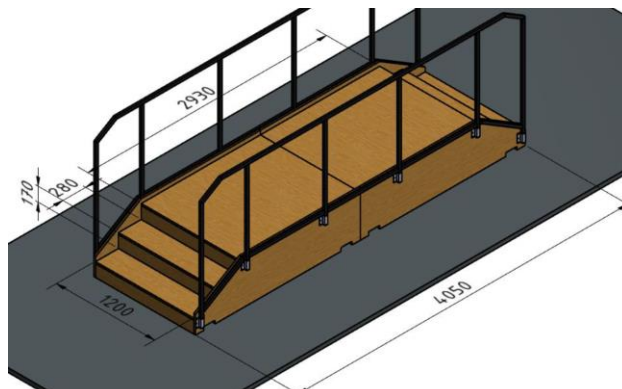


図7. 階段の上り下り(大会ルールブックより抜粋)

5. 左右入れ違い傾斜面横断(115 ポイント, 図6)
右下がりの斜面を横断した後, 左下がりの斜面を横断する.
6. 階段の上り下り(130 ポイント, 図7)
3 段の階段を上り, そして, 3 段の階段を下る.

【RT-Mover PType WA(図8)】

和歌山大学のチーム RT-Movers の機体である. RT-Mover は Rough Terrain Mover の略で, PType というのは Personal Mobility Type を意味する. WA は日本の“和”, 和歌山の“和”である.

機能的な特徴は以下である.

- 車輪が脚にもなる
- 4 輪が独立して脚動作可能
- 姿勢を常時水平に制御(安定性, 安全性, 乗り心地重視)
- 凹凸路面への車輪接地の追従性
- シートの左右+前後の可動範囲が広い
- センサによる各種機能の自動制御(簡単な操作性の実現)



図8. RT-Mover PType WA

2011 がベースとなっている)。実は、半年以上前の大会登録申請の時点で機体の構造、システム、動作、安全性などについて詳細なレポートを作成し、提出している。提出したレポートに対して主催者から不足部分を指摘され、それを修正し書類審査をパスした上で、出場が許可される仕組みである。それを物語る数字がある。大会 3 か月前の 7 月 1 日時点では大会主催者によると世界 25 か国から 74 人のパイロットが出場することになっていた。ところが、大会当日参加したのは 66 人のパイロットだった。書類審査をクリアできず、あるいは TechCheck をクリアできる見込みがなく参加できなかったパイロットが 1 割程度いたほど厳しいチェックが行われたとも言えるだろう。

全チームが順番に厳しい審査を受けるため、TechCheck は朝の 7:30 頃から始まり夜までかかった。和歌山大学は、夕方の 16:00 頃から始まり、



図 10. 車輪周囲の障害物や床を検出する光電センサ

サイバスロンで使う機能を実現するための駆動軸数は、4 つの車輪軸、前後のステアリング軸、前後のロール軸、搭乗部の前後左右のスライダ、搭乗部のピッチ軸、足置き上下軸、と 12 である(図9)。搭乗部には姿勢角度計測センサがついており搭乗部の姿勢水平制御に使用する。各車輪には 0°、45°、90° の方向に光電センサがついており(図 10)、階段など障害物や床の検出に使用する。

【テクニカルチェックとメディカルチェック】

大会前日にパイロットのメディカルチェックと機体のテクニカルチェック(TechCheck)が行われた。メディカルチェックはパイロットの障害の状況と健康状態の確認である。TechCheck は、機体が規定を満たし安全かどうかを見る(ISO13482-2014 や ISO22523-



図9. 各軸名称

終了して機体のメンテナンスが終わって会場を後にしたのは 21:30 過ぎだった。実は審査員から「書類審査では一番完成度が高く、TechCheck で確認する項目はほとんどないよ。」と我々のチームはお世辞を言われた。TechCheck 終了後、各チームとも 30 分間の公式な走行練習を行った(図 11)。

もちろん説明やクレーンは全て英語(チューリッヒはドイツ語圏のためドイツ語も)による。和歌山大学チームの大学生は英

語によるコミュニケーションの重要性を強く肌で感じたようで、一番大切な揺るがないモチベーションを獲得したようだ。



図 11. TechCheck で審査員に説明する中嶋(手前)

がパイロットとともにいった。コールルームにはスイス国営テレビのみが取材が許されて入っており、パイロットの緊迫感を伝えていた。

車いす部門では 12 チームが 4 チームずつ 3 つのグループに分かれて予選を競った。我々のチーム(図 12)は全タスクをクリアし、決勝に進出することとなった。日本から 4 種目 3 チームが出ていたが、決勝に進出できたのは我々のチームだけであった。この結果からも、どの種目にしても TechCheck をクリアして世界の舞台に出場してきた技術レベルの高さが推測できるだろう。



図 12. 和歌山大学チーム RT-Movers

午前中の予選の後、16:00 から車いす部門の決勝戦が行われた。いよいよである。我々のチームのパイロットは北京パラリンピック車いすレース(T52)金メダリストの伊藤智也氏である。アスリートとしての血がみなぎっていた。



図 13. 何度かステアリングを切り返してテーブルに入る

【大会当日】

朝 9:00 には開場し、多くの観客がスイスアリーナに押しかけた。入場券は売り切れのため当日券の発売は中止されるほどだった。各種目とも予選と決勝が行われ、上位 3 チームがメダルを獲得できる。

オリンピックなどと同様、パイロットは出走前にコールルームに召集され、そこで待機する。今大会では 20 分前までにコールルームに行き、そこで待機、出走 4 分前にフィールドに向かう。コールルームとフィールドにはパイロットに加えてチームから一人が入れる。チームリーダーの私

は北京パラリンピック車いすレース(T52)金メダリストの伊藤智也氏である。アスリートとしての血がみなぎっていた。

3 秒前からのカウントダウンの後、スタート。実は我々のチームの難関はすぐそこにあった。表1を見てほしい。この表は決勝戦において各チームのタスクごとにかかった時間を記載したものである(録画ビデオを見ながら測定したので 1~2 秒の誤差はある)。我々のチームはテーブル(図 13)とスラローム(図 14)の初めの 2 つのタスクで他のチームに比べて 70 秒も

表1. 各チームのタスクごとにかかった時間(決勝戦)

	Table	Slalom	Ramp & Door	Rough Terrain	Tilted Path	Stairs	Total
スイス (金メダルチーム)	20s	34s	71s	11s	11s	67s	214s
香港 (銀メダルチーム)	20s	18s	37s	11s	13s	120s	219s
スロベニア (銅メダルチーム)	22s	22s	34s	15s	17s	157s	267s
日本 (我々のチーム)	64s	47s	37s	17s	17s	130s	312s



図 14. スラロームも何度かステアリングを繰り返した

のビハインド(遅れ)をとってしまったのである。この2つのタスクのポイントはテーブルが101ポイント、スラロームが102ポイントと技術的ポイントは低いのである。結局このビハインドが最後まで効いた。斜面+ドア(図15)、凹凸路面(図16)、左右斜面(図17)を順調に進み、そして最後の難関である階段の上り(図18)下り(図19)も美しく移動し、すべてのタスクをクリアしたが、タイムで4位となり、惜しくもメダルを逃がしてしまった。3位のチームとは45秒差でゴールだったので、始めのビハインド70秒の大きさは容易に想像できるだろう。もちろん

この結果はパイロットのせいではなく、チームの総合力の結果であるので間違えないで欲しい。表2は車いす部門の最終結果である。



図 15. 斜面を上りドアを開けて、さあ通過



図 16. 凹凸路面も順調に走行



図 17. 左右斜面走行時の姿勢の安定性と美しさはピカイチ

ここで機体を創った私の解釈を書き加えたい。今回開発者として私がこだわってきたのは、ロボティクス技術に基づく新しいパーソナルモビリティビークル(PMV)の提案である。障害者はもちろん、誰もが、階段も含んだ不整地を安全に、快適に、そして楽しく乗って移動できる新しい乗り物の提示であった。安全性、快適性のためには搭乗部の姿勢制御は重要であり、どのような傾斜路面移動中でも搭乗部を常時水平

に近い状態に保持できることを目指した(ただし階段の最大傾斜部移動時のみ搭乗部ピッチ軸の可動範囲制限により傾きが生じてしまう)。あるいは操縦性の向上のため、パイロットの行う操縦を極力簡単にし、前後左右の進行方向を選択するのと数回のスイッチ入り切りだけとした。そのコンセプトの下で機体が確実に動作し、世界で4位になったのはPMV開発の観点からは達成感があつた。



図 18. 階段を搭乗部は水平に維持したまま脚動作で上る
PType WA



図 19. 階段を搭乗部は水平に維持したまま脚動作で下る
PType WA (by ETH Zurich / SRF)

表 2:最終結果(車いす部門)

Rank	Pilot name	Team name	Country	Points	Time
1	Florian Hauser	HSR Enhanced	Switzerland	660	214
2	Cho Yu NG	HKUSTwheels	Hong Kong	660	219
3	Robi Bojanec	Avalanche	Slovenia	660	267
4	Tomoya Ito	RT-Movers	Japan	660	312
5	Tit Hung Tsang	B-Free in City	Hong Kong	660	358
6	Yuri Larin	CaterWil	Russia	660	399
7	Rory A. Cooper	HERL	United States	530	181
8	Paul Moore	Team Imperial	United Kingdom	530	266
9	Jongbae Kim	Enable	Republic of Korea	426	94
10	Kalliopi Loufaki	laddroller	Greece	426	246
11	Sivashankar Sivakanthan	Team Imperial	United Kingdom	307	102
12	Josep Ballester	Scewo	Switzerland	0	0

他のチームの機体は、例えば階段移動時には、各種動作のタイミングや量はパイロットがほとんどすべて手で操作していたようである。また、重心の移動も、まさに乗っているパイロットが、見ている人が危険を感じるほど前傾あるいは後傾をして機体の傾きを維持していた(図 20)。階段や左右傾斜路面移動時には前後、左右に相当傾き(図 21, 図 22, 比較図 23),あるいは、タイヤやベルトが路面から浮いていてPType WAと比べて安定余裕は相当小さかった(図 24)。



図 20. 香港(銀メダル)チームは階段を上り終わって平面に切り替わる際に、パイロットが前傾して体重移動を行うことで機体を平面につけていた。(by ETH Zurich / SRF)



図 21. スイス(金メダル)チームは階段の上り(上)と下り(下, by ETH Zurich / SRF)でパイロットの姿勢は相当傾いていた。実はパイロットは、下りの際にはシートから落ちないように左腕全体をシート背面に回してしっかりと体を支えなければならぬようだ。

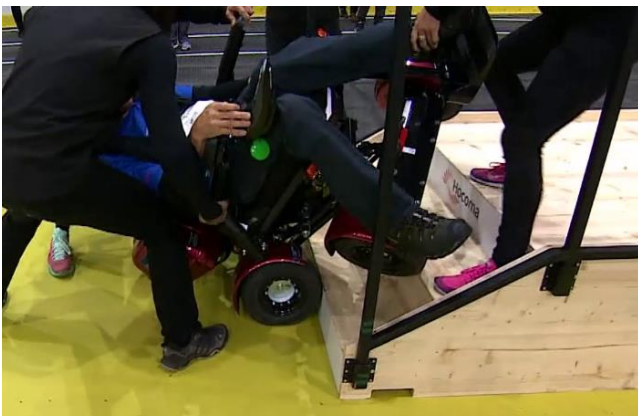


図 22. 機体が倒れてしまうチームもあった。



図 23. 和歌山大学チームは、この通り水平制御された搭乗部に乗ってパイロットは安定して階段移動した。



図 24. 香港(銀メダル)チームの左右斜面走行。ベルトが路面から相当浮いた状態で傾斜角度が変わるとドン！とパイロットに衝撃が。

表3は凹凸路面, 左右傾斜路面, 階段移動時の車輪の浮き具合, 搭乗者の傾き具合, 手動操作の割合についてまとめたものである。これらの評価点では PType WA が最高位に輝くだろう。2020年の東京オリンピック開催時に東京で開催されると噂されている次回サイバスロン大会では、日本らしさ(安定性, 乗り心地, 操縦簡易性)が評価指標に入ってくるのではないかと私は予想する。

表3. ロボティクス技術のレベルと完成度の高さ(凹凸路面, 左右傾斜面, 階段での移動)

	車輪の浮き具合 (安定性)	搭乗者の傾き 具合(安全性)	手動操作の割合 (自律制御性)	ロボティクス技 術の活用度
スイス (金メダルチーム)	○	×	各軸ともほぼ手 動操作必要	低
香港 (銀メダルチーム)	×	×	各軸ともほぼ手 動操作必要	低
スロベニア (銅メダルチーム)	△(左右傾斜路 面で片輪浮きあ り)	△(階段始点と終 点, 左右傾斜路面で の左右の傾きあり)	各軸ともほぼ手 動操作必要	低
日本 (我々のチーム)	○	○	ほぼセンサによ る自律制御	高

メダル獲得ができなかったことは素直に残念だったが、PType WA のロボティクス技術のレベルと完成度の高さに驚いた人は相当程度いたのではないだろうか。私はそこをよりどころにしてメダル不獲得の失望感を脱出しようと思う。

【幻のメダル】

メダルという観点で話をしてみたい。今回、和歌山大学 RT-Movers のメダル獲得の可能性は実際のところどうだったのだろうか？私見なので適当に割り引いてもらいたい。十分に可能性はあっただろう。なぜか？理由は以下である。

- PType WA の最高速度にソフトウェア上で制限(1.8km/h)をかけていた。このように設定していた深い理由は実はなく、この程度の速度だと周囲の人がほとんど脅威を感じないから、そして、初めて乗った人が早すぎると感じないからであった。最高速度はこの数倍まで可能だった。

- 走行練習場所の確保が難しく、メダルを目指すレベルの走行練習ができなかった。和歌山大学には他にもよい研究が多くあり、十分に走行させながら研究開発を進められる場所を確保することが現実的に難しかった。結局、屋外の駐車場に単管パイプで組んだ実験場を学生と一緒に自作し(図25)、日よけネットを付けて走行練習を行った。模擬路面の木材や機体を、研究室から屋外の実験場に運んで実験を始めるまでの準備に5~6人で半日、片づけに半日かかる環境だった。そして、9月の天気にも泣かされた。秋雨前線と台風のダブルパンチ。フラストレーションはたまっていた。



図 25. 単管パイプで自作した屋外走行練習場。天気にも左右される。

もっと勝ちにこだわり、スピードのチューンアップ、操作性のチューンアップができたならば十分にメダル獲得は可能だっただろう。ただし、第一回目の大会であり、また、実績もない中で、大学という組織全体をそこまで動かす力は和歌山大学に赴任して1年目の私にはなかった。次は、東京オリンピックの時に日本で開催され

るだろうサイバロン大会.何にこだわり,何を指すのか.ターゲットを明確にし,チームだけでなく,チームが属する組織全体として向かっていくことができるチームが栄光の金メダルを獲得できるだろう.

【サイバロンシンポジウム】

大会の2日前にスイスアリーナの隣にある建物で研究シンポジウムが行われた.各種目に関連する世界的な研究者6人による講演と8人の研究者による研究発表,ポスターセッションによる意見交換,そして,パネルディスカッション(図26)が行われた.



図 26. サイバロンシンポジウムにおけるパネルディスカッションの様子

福祉・リハビリテーション分野,ロボティクス分野そして生物機械工学分野などの最先端の研究開発状況が紹介された.通常,国際会議といえば参加者はその道のエキスパートばかりだが,このシンポジウムにはユーザ,一般,行政,医療関係,開発者,研究者など多種多様な分野から参加していた.そのにぎわいぶりは,シンポジウムの当日参加が定員超過により中止されたことからもうかがえる.そのためか,使うことを意識した鋭い質問も多く,刺激を受けた.私自身も8人の研究発表のうち一人として選ばれ,PType WAに関する研究発表を行った.

【おわりに】

障害者が実際に操縦して,日常生活でありえるシーンを競い合うというサイバロンは本当に意義深い大会だった.通常,第1回目のロボットの大会というのは見ている「動かない」「つまらない」というような場合が多いが,サイバロンは,大会会場の臨場感を書き表すのはとても難しいほど見ている興奮も,また,感動もした.今後もよい方向に発展してほしいと強く思う.

今回の大会を通じて,技術の社会へのあり方,研究開発の方向性,意義など改めて考えさせられ,また,決意を新たにすることができた.実は,次の新しい機体のアイデアもすでに頭を駆け巡っていることをお伝えし,筆をおく.

(コラム:航空輸送とセットアップ)

電動車いすは大きい.飛行機の手荷物として持っていくことはできないのだ.以下のことには泣かされた.

- 大きなサイズのため,機器を分割して空輸
- 輸送に伴う振動などによって故障発生した場合の予備部品,周辺機材の準備と輸送
- 現地で機器受け取り後,機体の組み上げと動作確認
- 輸送日程確保のため9月23日が最終走行練習日となる.一番大事な大会前2週間は走行練習不可能.
- 新車を買ってしまうほどの輸送コスト

以上