



 **VEOLIA**  
**WORLD**  
**SOLAR**  
**CHALLENGE**

オーストラリア大陸縦断

ソーラーカーレース

ワールド・ソーラー・

チャレンジ

優勝報告

チーム監督 木村英樹 東海大学 工学部 電気電子工学科 教授

学生リーダー 瀧 淳一 東海大学 工学部 動力機械工学科 3年



**TOKAI UNIVERSITY**

# Veolia World Solar Challenge

開催期間: 2011年10月16日～10月23日

- ◆ World Solar Challenge: WSCは1987年から始まった25年の歴史をもつ世界最高峰のソーラーカーレース
- ◆ オーストラリアのDarwinからAdelaideまでの3,000 kmを縦断する時間を競う
- ◆ 走行に利用できるエネルギーは太陽光のみ
- ◆ 8:00～17:00の9時間走行可能  
時間外でも太陽光発電によるバッテリー充電が可能
- ◆ 2011年大会には、20の国と地域から37チームが出走
- ◆ 東海大学は前回大会で優勝し、チャンピオンチームとして参戦



# 2011年型ソーラーカー「Tokai Challenger」諸元



全長	4980 mm
全幅	1590 mm (-50mm)
全高	880 mm (-50mm)
重量	140kg (-20kg)
トレッド	1250 mm (-50mm)
ホイールベース	2050 mm (-50mm)
最高速度	160 km/h
平均速度	90 km/h
駆動方式	ダイレクトドライブ
ブレーキ	Front: 油圧ディスク Rear: 油圧ディスク& 回生

- パナソニック製HIT太陽電池と、リチウムイオン電池を搭載
- 東レ製炭素繊維素材トレカを使用し、童夢カーボンマジック社の成形協力とヤマハ発動機の空力解析協力にて軽量で空気抵抗が少ないボディを実現

オーストラリア Melbourne

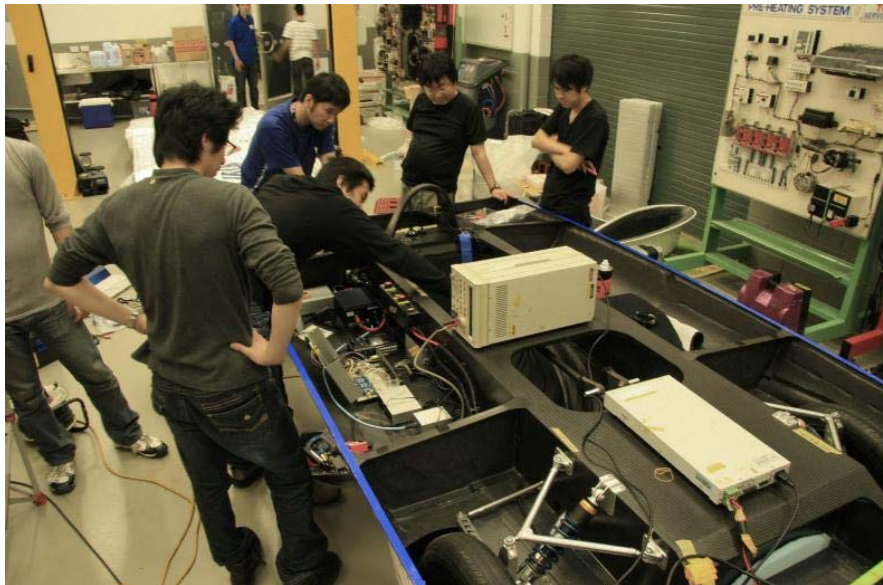
## ソーラーカー受け取り-コース下見(10/5~9)-



- ◆ 商船三井ロジスティクス社によりソーラーカーと遠征物品をオーストラリアへ輸送し、メルボルンにて10/5に受け取り
- ◆ 日野自動車よりトラックを提供していただき、キャンプ地候補地やコントロールポイントの下見をしながら、10/6~10/9までスタート地ダーウィンまでコースを逆送

オーストラリア Darwin

## トヨタオフィスにて車両整備開始-(10/10~15)-



- ◆ ダーウィン市内にあるトヨタダーウィンオフィスにて車体整備を開始
- ◆ 翌日行われた公道車検も無事に通過し、公式車検・公式予選に向けて車体整備とサポートカー・エスコートカーの整備なども進めた

オーストラリア Darwin

## 公式車検・公道テスト走行-(10/13)-



- ◆ 午前中に16日から始まる本戦に向けての公式車検
- ◆ 車体構造のチェックや寸法、ドライバーの脱出テストや安全性のチェックなど細かなチェックを受ける
- ◆ 他チームから熱い視線を受ける中、無事に車検を通過
- ◆ 午後からは、公道にてテスト走行を実施し、各部のチェックを行った

オーストラリア Darwin

## 公式予選-(10/15)-



- ◇ 翌日の本戦の出走の順番を決定する公式予選(ラップタイムトライアル)がヒドゥンバレーサーキットで行われた
- ◇ ラップタイムを計測し、その後ブレーキテストやスタビリティーテストを実施
- ◇ 2分7秒07のタイムを記録し5位



# 予選結果

Pos.	Car Name	Car No	Team Name	Country	Lap Time mm-ss
1	21Connect	21	Solar Team Twente	Netherlands	02:02.2
2	Nuna6	3	Nuon Solar Team	Netherlands	02:02.5
3	Qantum	2	University of Michigan	USA	02:03.0
4	Sunswift IV	74	Sunswift UNSW Solar Team	Australia	02:04.3
5	Tokai Challenger	1	Tokai University	Japan	02:07.7
6	Umicar Imagine	8	Umicore Solar Team	Belgium	02:09.8
7	Xenith	16	Stanford Solar Car Project	USA	02:11.1
8	Ashiya Sky Ace V	81	Ashiya University	Japan	02:11.2
9	BO GT	11	Hochshule Bochum Solar Car Team	Germany	02:12.8
10	Schulich Axiom	65	University of Calgary	Canada	02:13.1

※ Team OKINAWAは03:07.5で29位



オーストラリア Darwin-Newcastle Water近郊

## レーススタート Day 1-(10/16)-



- ◆ 5番手からDarwinをスタート。市内の信号のタイミングなどに恵まれて一気に浮上
- ◆ その後、Nuon Solar TeamとMichigan Solar Car Teamに抜かれ一時3位に後退する。95km/hの巡航速度で抜き返し、コントロールポイント・Katherineにトップで到着。
- ◆ 最後にミシガン大学に抜かれこの日は2位でレース終了。ブッシュの影を避けるため、トラックのパワーゲートを活用し充電を行った
- ◆ 走行距離:712km

## オーストラリア Darwin-Newcastle Water近郊-Wauchope

## Day 2-(10/17)-



- ◆ ほぼ同一地点から上位3チームが出走
- ◆ 90km/hの巡航速度でトップを走行し、コントロールポイント・Tennant Creekでは2位に10分差、3位に12分差をつけた
- ◆ 13:08にブッシュファイアーのため、レース中断。2位とは4分差まで詰め寄られる。日没までに十分な発電時間があり、各車のバッテリーはいずれも満充電に
- ◆ 走行距離:389km

# オーストラリア Wauchope-Kulgera近郊

## Day 3-(10/18)-



- ◆ 8:00よりNuon Solar TeamとMichigan Solar Car Teamとも、バッテリー満充電状態でレースを再開
- ◆ いまだ火が消えないブッシュファイアーの中を、Alice Springsに向けて走行
- ◆ バッテリー残量に余裕があり、標高も上がり空気抵抗も小さい、98km/hの巡航速度をキープ。コントロールポイント・Kulgeraの時点で、2位とは35分差に広がった
- ◆ 走行距離:724km

# オーストラリア Kulgera近郊-Wmra近郊 Day 4-(10/19)-



- ◇ 翌日以降、曇天が予想されていたため、平均速度を落としてバッテリーの消費を抑える予定だったが、指令車に取り付けられた気象センサーにより強い追い風を計測したため、105km/hで巡航。また、東海大学情報技術センター・宇宙技術センターの協力により高精細衛星画像を現地で取得し、天候予測に活用
- ◇ レース後半は、翌日の天候悪化に備えエネルギー消費を抑えた走行を実施。このスピードダウンで2位のNuon Solar Teamが東海大学がバッテリー残量不足だと判断し猛追を開始し、24km差(約15分差)にまで詰め寄られる
- ◇ 走行距離:736km

オーストラリア Wmra近郊-Adelaide

## レースゴール Day 5-(10/20)-



- ◇ 後方24kmまで迫られたNuon Solar Teamをマークしながらレースを展開
- ◇ 天候を予測しバッテリーを温存した結果、ゴールに向けて100km/hの巡航速度をキープし走行。最後のコントロールストップ・Port Augustaでは26分差まで再びリードが広がった
- ◇ 13:07に計測地点にゴール
- ◇ その後、小雨が降る中セレモニーゴール地点のビクトリアスクエアに到着
- ◇ 走行距離:437km

# 2011 WSC Result



- ◆ 総走行距離: 2998km
- ◆ 総走行時間: 32時間45分
- ◆ 平均速度: 91.54km/h

**2連覇達成！！**

# 大会結果

Pos.	Car Name	Team Name	Country	Total Event Time
1	Tokai Challenger	Tokai University	Japan	32 hrs 45 min
2	Nuna6	Nuon Solar Team	Netherlands	33 hrs 50 min
3	Qantum	University of Michigan	USA	35 hrs 33min
4	Ashiya Sky Ace V	Ashiya University	Japan	44 hrs 57min
5	21Connect	Solar Team Twente	Netherlands	45 hrs 4 min
6	Sunswift IV	Sunswift UNSW Solar Team	Australia	48 hrs 38 min
7	Aurora Evolution	Aurora	Australia	48 hrs 45min

- 2日目のブッシュファイアーによるレース中断や、5日目以降の曇天などにより出走37台中完走7台と非常に厳しいレースとなった。

# ライバルチーム-1-



Nuon Solar Team(オランダ)  
Car Name: Nuna 6

- Nuon社などのスポンサーのデルフト工科大学(オランダ)のNuon Solar Team
- 大会開始約1ヶ月前から現地入りし、車体の完成度を高めてきた
- 予選でも2位に入り、本戦でもつねに首位争いに絡んできた

※参考

<http://www.nuonsolarteam.nl/>



University of Michigan (アメリカ)  
Car Name: Qantum

- 総勢100名以上を要するアメリカのミシガン大学チーム
- 本戦に使用した車両以外に、スペアカーも持ち込んで本戦に備えてきた
- 本戦では4日目にスパッツが破損し、首位争いから脱落した

※参考

<http://solarcar.engin.umich.edu/>



# ライバルチーム-2-



Umicore Solar Team(ベルギー)  
Car Name: Umicar Imagine

- 材料企業のUmicore社などがスポンサーのチーム
- 上位チームでは唯一、集光器と組み合わせた化合物太陽電池を採用

※参考

<http://www.solarteam.be/wagen/umicar>



Solar Team Twente (オランダ)  
Car Name: 21Connect

- 理工学部を中心としたトウェンテ大学のソーラーカーチーム
- 数少ない前輪1輪、後輪2輪を採用した新型ソーラーカーを投入、今大会の予選で1位を獲得した

※参考

<http://www.solarteam.nl/>

# ライバルチーム-3-



## Stanford Solar Car Project (アメリカ)

- 1989年設立の伝統あるソーラーカーチーム
- 出場チーム中発電量が最大と噂されていたが現地では1200Wと説明
- ボディーが薄くナイフエッジと呼ばれ、予選は7位につけた

※参考

<http://solarcar.stanford.edu/blog>



## UNSW Solar Racing Team (オーストラリア)

- 2011年1月に準ソーラーカーギネス記録樹立
- 太陽電池の研究ではトップレベルのニュー・サウス・ウェールズ大学
- 予選は4位、本戦も6位と地元ならではの安定度を示した

※参考

<http://www.sunswift.com/>

# 日本から参戦したチーム



## 芦屋大学(兵庫)

Car Name: Ashiya Sky Ace V

- 鈴鹿サーキット行われているソーラーカーレースでは、常に優勝争いをしている強豪チーム
- 本戦では、4位でゴール



## Team OKINAWA(沖縄)

Car Name: Lequion

- 沖縄県立南部工業高等学校の生徒が中心のソーラーカーチーム
- 2年間の準備期間を経て、今年初参戦し、13位と健闘



# Tokai Challengerの勝因

- **パナソニック・HIT太陽電池は他より約5～10%多く発電**  
→ヒアリングでは1200～1250W程度の発電に留まっていた  
→他チームはモジュールリング後の発電効率を予見できていない？
- **東レの炭素繊維「トレカ」による軽量化・低空力化**  
→童夢カーボンマジック社の技術も加わり、トップレベルの軽量化と同時に高剛性化を達成し、CFDにより空気抵抗も低減した
- **広い高効率域を持つミツバ・DDモータ**  
→高機能コントローラ、アモルファスコア、セラミック軸受けを採用
- **ミシュラン・ラジアルタイヤ装着**  
→Twente大学(オランダ)の5位、Team OKINAWAの13位など
- **衛星利用によるエネルギーマネジメント技術**  
→衛星画像や衛星通信技術を駆使した発電量予測が優れていた
- **パナソニック・リチウムイオンバッテリー**  
→繰り返しの利用で使いこなすことができた



# 上位チームの主要部品構成 (東海大学ソーラーカーチーム調査)

P.	Team		Solar Cell	Li-ion Battery	Tyre	Motor
1	Tokai University		Panasonic	Panasonic	Michelin	Mitsuba
2	Nuon Solar Team		SunPower	Panasonic	Michelin	CSIRO
3	University of Michigan		SunPower	Panasonic	Michelin	CSIRO
4	Ashiya University		SunPower	GEB	Schwartz etc.	Mitsuba
5	Twente University		SunPower	Panasonic	Michelin	Marand
6	U of New South Wales		SunPower	Panasonic	Michelin	Marand
7	Aurora		SunPower	Saehan Enertech	Michelin?	CSIRO/Marand
8	Istanbul University		SunPower	Li-ion polymer	?	Mitsuba
9	Solar Energy Racers		SunPower	Li-ion polymer	?	Mitsuba
10	Apollo Solar Car Team		SunPower	Li-ion polymer	?	Mitsuba
11	Umicore Solar Team		Azurspace	Li-ion polymer	Michelin	CSIRO?
12	Stanford University		SunPower	Panasonic	Schwartz	CSIRO?
13	Team OKINAWA		SunPower	Panasonic	Michelin	Mitsuba
16	MIT		SunPower	Panasonic	Polyurethane	NGM



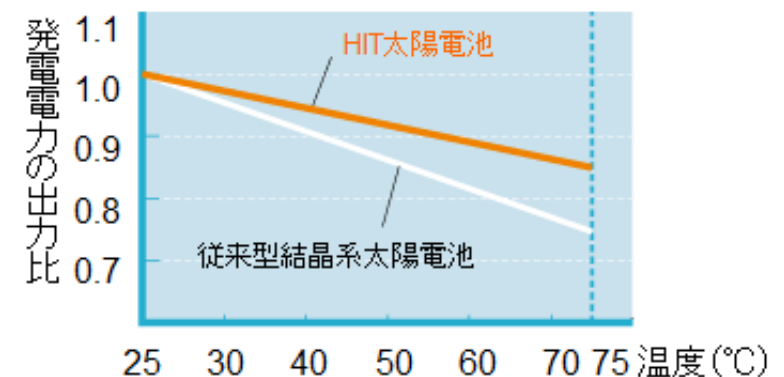
# パナソニック・HIT太陽電池モジュールの優位点1

- HIT太陽電池はモジュール後に変換効率UP**  
 →元々の高効率である上に、さらに表面の電極で反射させた光を、モジュール界面で再反射させ、太陽電池に届かせることができる  
 (表面に電極があってもモジュール化で克服)



- 高温時の出力低下が少ない**  
 →ワイドギャップなアモルファスシリコンの特性により高温時の出力電圧低下が抑えられる

温度による効率変化

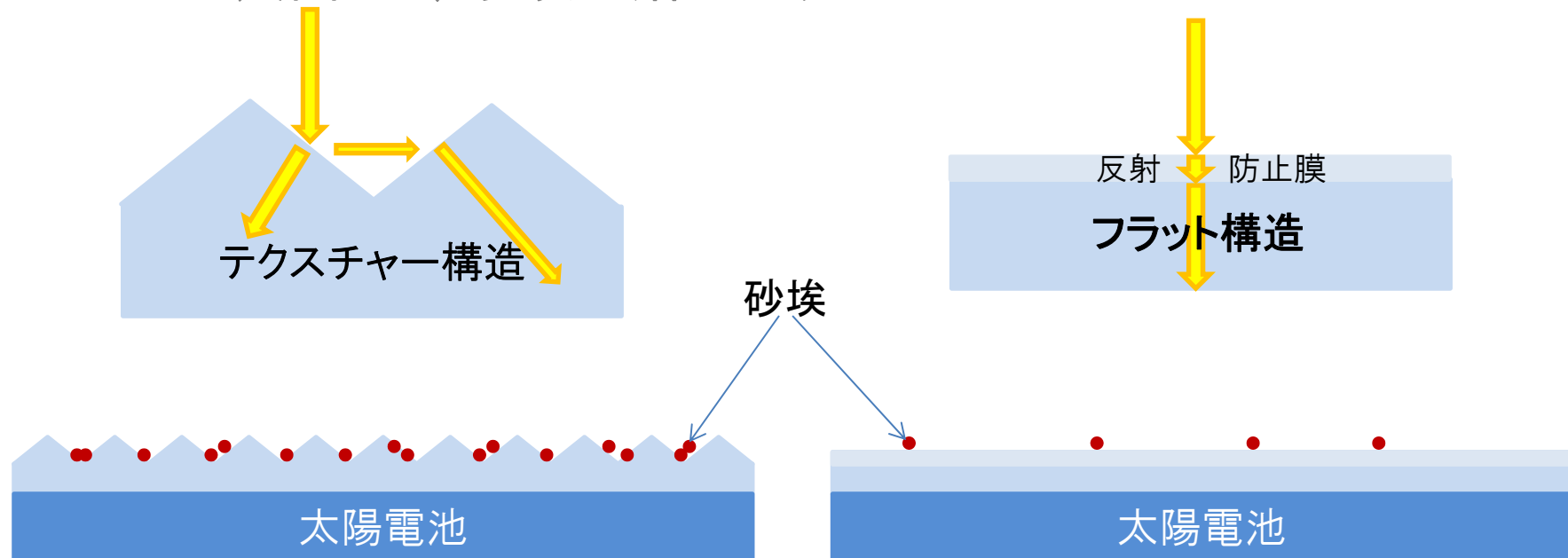


※ 25°Cの時の発電電力を1.0とした時の出力比の効率変化

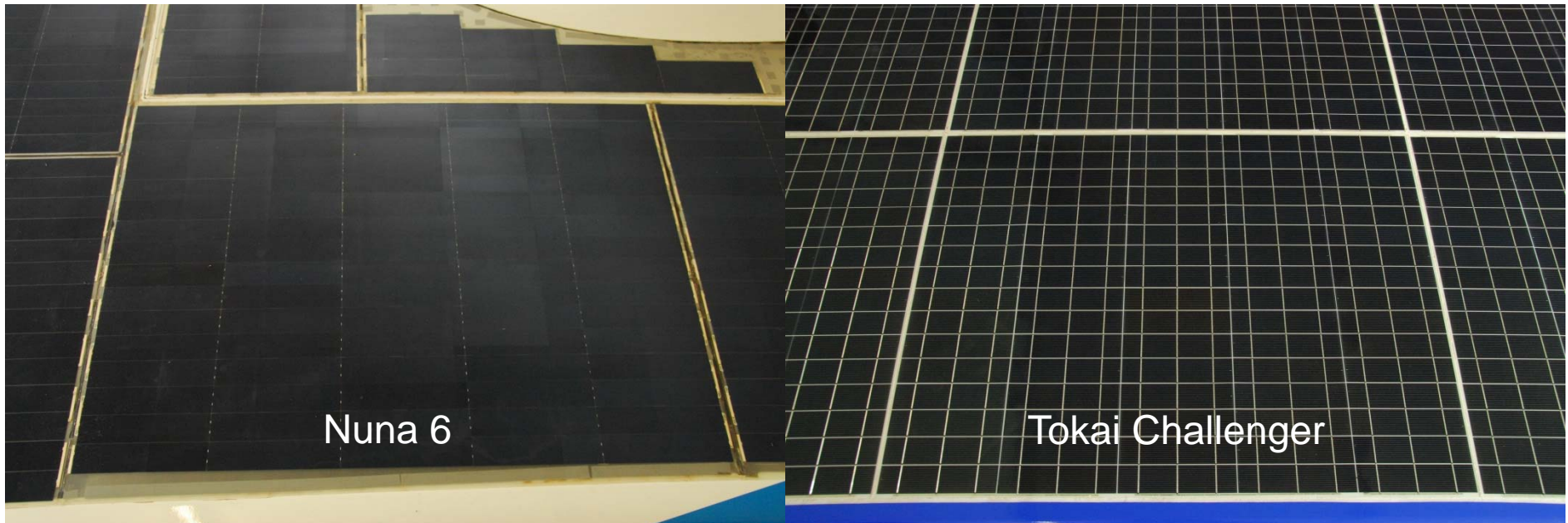


# パナソニック・HIT太陽電池モジュールの優位点2

- フラットなモジュール表面に汚れがたまりにくい  
→ライバルチームはピラミッドのようなテクスチャー構造により、反射防止を行っていたが、砂漠地帯では砂埃が入り込み光が遮断されやすい  
→Tokai Challengerでは、反射防止処理を施したフラットなモジュール表面とし、砂埃が落ちやすい



# 太陽電池モジュールの外観比較



Nuon、Michiganなど

- サンパワー社 + Gohermann Solar Technology モジュール  
Stanford
- サンパワー社セル + Corning ガラスモジュール (7層AR処理)  
Tokai Challenger
- パナソニックHIT太陽電池 + モジュール (AR処理)





# 東レ・炭素繊維によるトップレベルの軽量化

- 1Kおよび3Kのカーボンクロスを採用

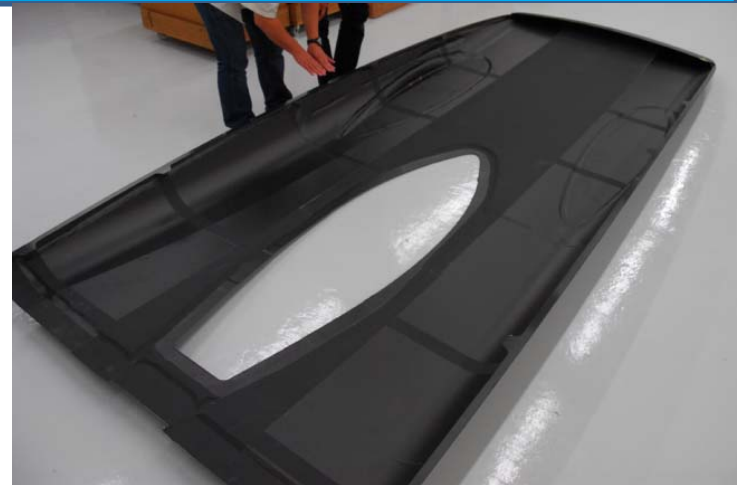
- B787などにも使用される東レのトレカ
- F1などにも使用される1Kのカーボンクロスを使用
- SCRYU/Tetraによる三次元流体解析

- カーボン部品比率をアップ

- サスペンションアーム、ロールバー、ステアリングなど従来金属製だった部品をカーボン化することで軽量化

- 電気部品も軽量化

- リチウムイオンバッテリーや計測機器の軽量化も同時に行われた



- 車体重量は、160kgから140kgへ20kgの軽量化

# ミツバ・DDモータとミシュラン・ラジアルタイヤ

- 鉄系アモルファス電磁石コア(日本ケミコン)とセラミックボールベアリング(ジェイテクト)を組み合わせた高効率モータ
- 低転がり抵抗なミシュラン・ラジアルタイヤを装着

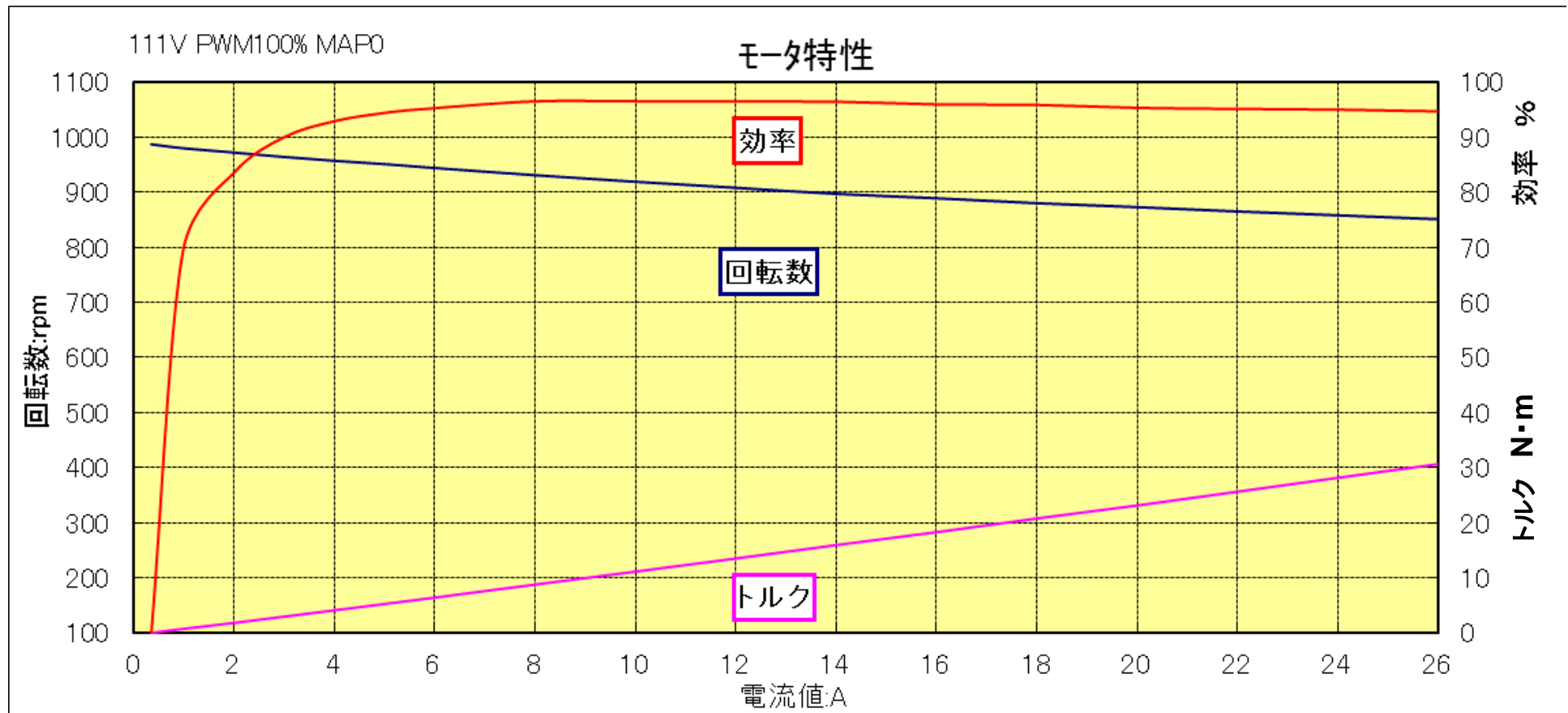


窒化ケイ素  $\text{Si}_3\text{N}_4$



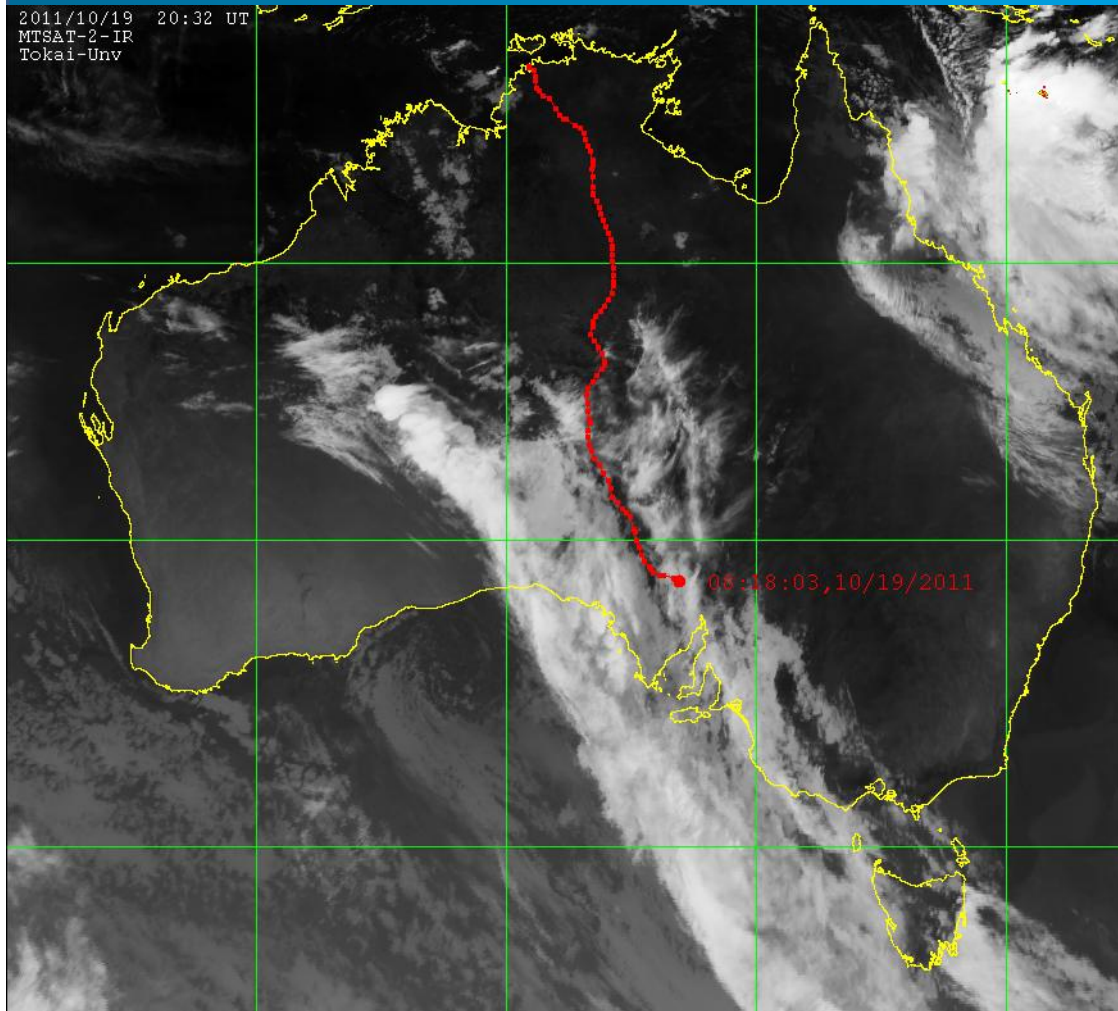
# ミツバDDモータ特性の例(コントローラを含む)

- 90%以上の高効率領域を実現→ファンレス化
- 進角制御、相補PWM制御で広い領域で高効率

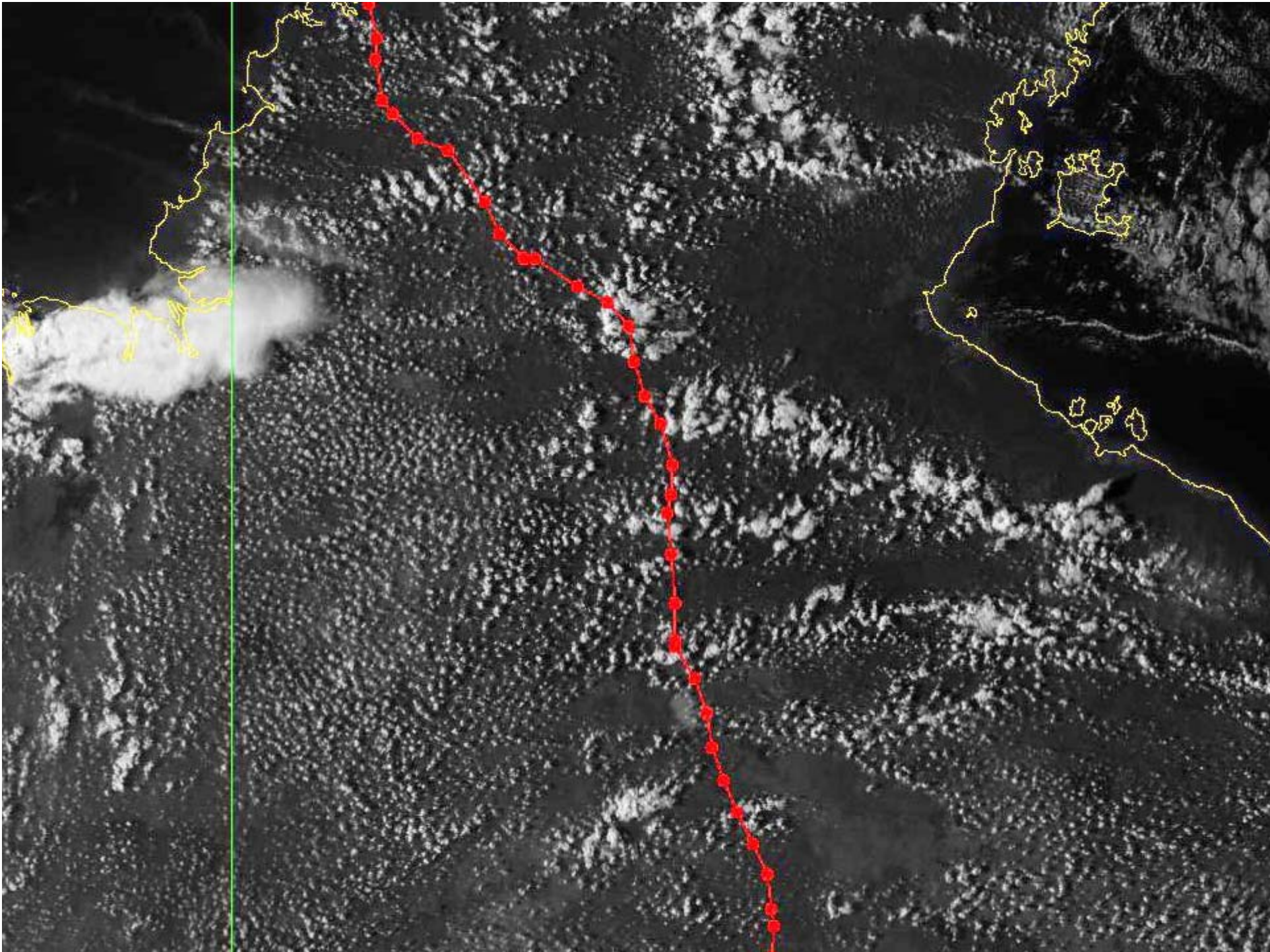




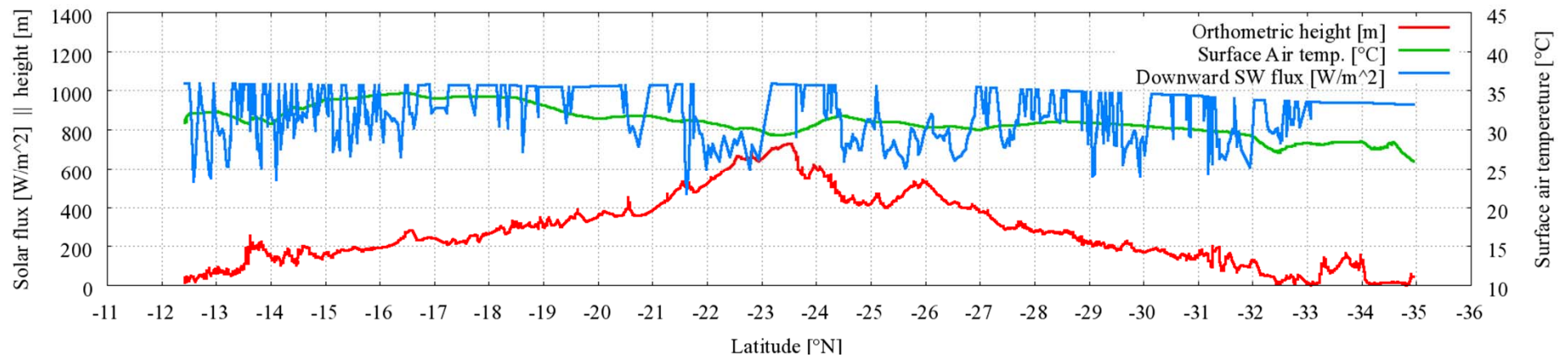
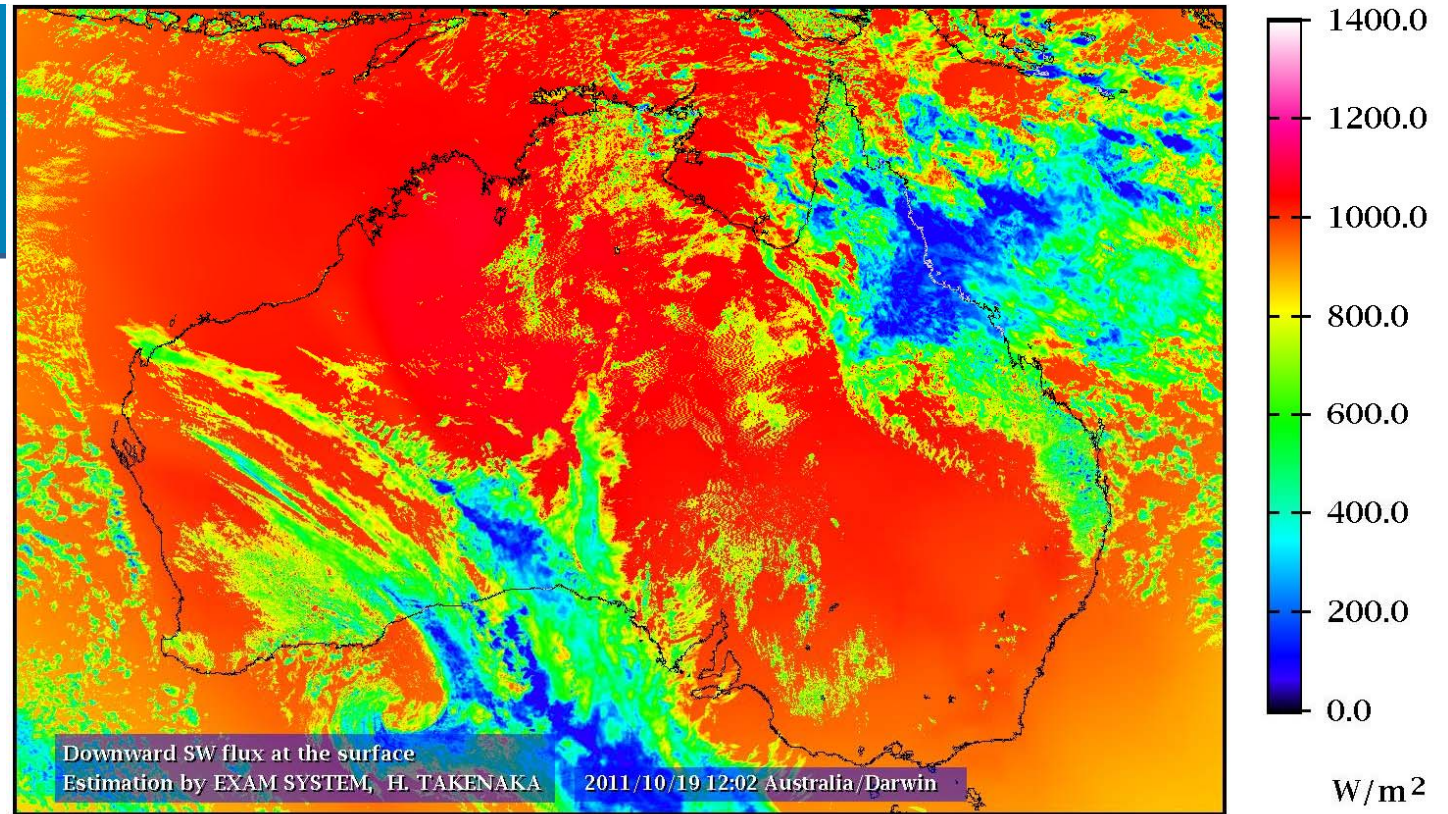
# 赤外線衛星画像 & 高精細衛星画像



- 東海大学宇宙情報センターでダイレクト受信した衛星データを東海大学情報技術センターでWSC用に加工(赤外光4kmメッシュ、可視光1kmメッシュ)
- インマルサットBGAN対応の車載型Explorer 325を搭載し受信



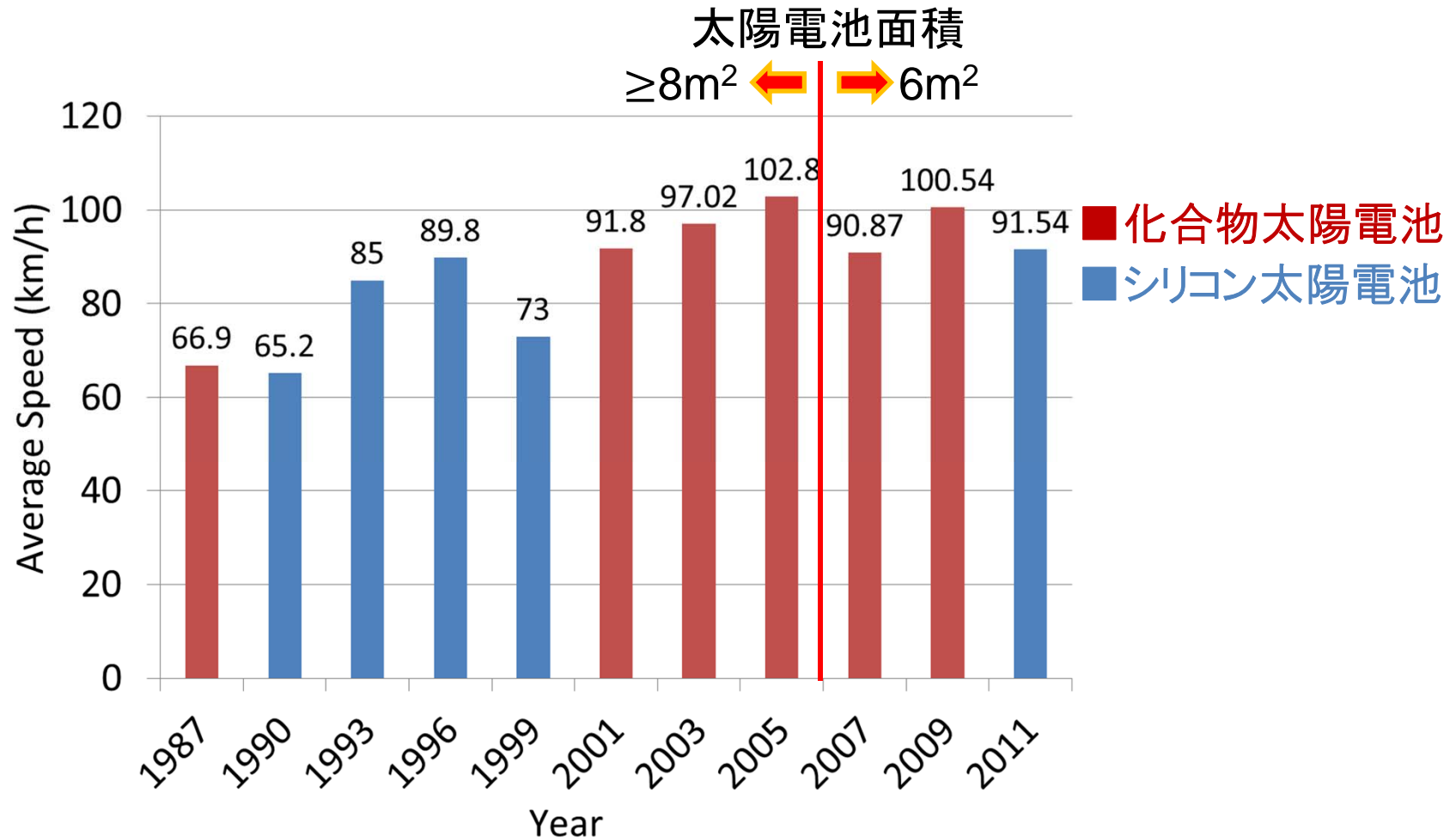
# T-SEEDS



- Tokai- Solar Energy Estimation and Display System
- 様々な波長帯の衛星データから、地上の日射強度を速やかに推定



# WSC優勝記録の変遷



- シリコン太陽電池搭載優勝車の中でも、93&96年のホンダの記録を抜き歴代トップの記録

# レースを終えて・・・

- 東日本大震災による津波の被害や、原子力発電所からの放射性汚染物質拡散などの問題を抱えた2011年だからこそ、ここで勝たなければならないと決意を固めていた
- 太陽光発電は十分なエネルギー供給能力がないとされているが、省エネルギーや蓄エネルギーなどの技術と組み合わせることで、未来を切り開く可能性があることを、国際ソーラーカー大会優勝でアピールできたのではないだろうか
- グロブラー駐日南アフリカ共和国大使より、祝辞をいただくとともに2012年南ア大会への招聘があり、チームとしては出場を目指し調整を行いたい
- パナソニック、東レをはじめとする多くのスポンサー企業や関係者の支援に感謝するとともに、引き続き活動へのサポートをお願いしたい



# 関連情報

本プレゼンのパワーポイントデータなどは  
下記サイトからダウンロードできます。

<http://www.ei.u-tokai.ac.jp/kimura/2011wsc.html>

## 参考WEBサイト

- ◆ World Solar Challenge公式WEBサイト

<http://www.worldsolarchallenge.org/>

- ◆ 東海大学WEBサイト特設ページ

<http://www.u-tokai.ac.jp/WSC2011/>

- ◆ Wikipedia

<http://ja.wikipedia.org/wiki/ワールド・ソーラー・チャレンジ>