

## 「CO2削減とイノベーション」研究会 第19回研究会報告

「東海大学のソーラーカーの技術と性能」 2013.5.23

木村英樹 氏

(東海大学工学部電気電子工学科教授

東海大学チャレンジセンター次長)



今春、トミカシリーズに、世界ソーラーレース5連覇中の「Tokai Challenger」が登場した。3次元カーブを描くボディが“世界一クール”と賞賛される、東海大学のソーラーカーである。しかし、車体の美しさもさることながら、太陽電池をはじめ、搭載技術のほとんどは日本製であり、震災によってわが国のエネルギー問題が喫緊の課題となるなか、東海大学が世界のトップを走りつづけるその意義は大きい。そこで、今回の研究会では、東海大学ソーラーカープロジェクトの中心人物であり、チーム監督として学生を牽引する木村英樹氏にお越しいただき、「Tokai Challenger」の技術的特徴からレース戦略に至るまで、その活動の一部始終を披露していただいた。

### 【講演要旨】

燃料資源に恵まれない日本において、エネルギー源を必要とせず、太陽光だけで走るソーラーカーは、真のエコカーとしての価値を持つ。プロジェクト活動を通して学生の育成を目指す東海大学チャレンジセンターでは、エネルギー・技術・環境の3分野の“未来”を見据えた「ライトパワープロジェクト」を立ち上げており、ソーラーカーチームはこの中で活動している。

東海大学のソーラーカーの歴史は1991年にまで遡る。2008年の優勝以降、世界大会5連覇を果たしているが、その強さの理由は総合力にあり、様々に工夫を凝らして、最高レベルの技術を巧みに組み合わせている。大会のレギュレーション変更に伴って、搭載技術も変更を強いられてきたが、2011年型「Tokai Challenger」には、パナソニックの太陽電池「HIT」(高効率シリコン太陽電池)、東レの炭素繊維「トレカ」(車体軽量化)、ミツバの「ダイレクトドライブモータ」(伝達効率アップ)などを使用し、シリコン太陽電池の搭載車として歴代最高となる平均時速91.54kmを記録した。

特に、最も要となる太陽電池については、アモルファスシリコンの特性を利用した高温時でも出力低下しないHIT太陽電池を選択したこと、電極で反射させた光をモジュール界面で再反射させて発電できない表面電極部の弱点を克服したこと、フラットな表面構造に反射防止処理を施して砂塵付着による光の遮断を回避したこと、コンパクトなモジュールにより発電を小単位にまとめて角度差による発電量低下を防いだことなど、独自の工夫を積み上げている。そして、砂漠地帯を長距離走行する実際のレースでは、ミシガン大学、デルフト工科大学、スタンフォード大学といった強豪チームに抜きんで、こうした工夫が優位性を発揮したといえる。

また、レース中の発電と消費の予測は非常に難しいが、衛星画像を駆使して効率的なエネルギーマネジメントを心掛けている。すなわち、東海大学宇宙情報センター、情報処理センターの協力を得て、現地の雲の様子を高精細で入手しているほか、千葉大学環境リモートセンシング研究センターと共同開発された「T-SEEDS」を応用して日射量を解析し、終始戦略を立てつつ、レースを有利に進めている。

(文責:藤井由紀子)

# 東海大学ソーラーカーの 技術と性能

東海大学工学部電気電子工学科教授  
東海大学チャレンジセンター次長  
東海大学ソーラーカーチーム監督  
木村 英樹

東海大学チャレンジセンター「ライトパワープロジェクト」——社会的実践力を培う場

木村談: 東海大学のソーラーカーの技術と性能について話を、というご依頼を受けましたので、今日は簡単にですが、ご紹介させていただきます。よろしくお願いたします。

まず、私たちがソーラーカーに取り組んでいる、そのバックグラウンドについてお話しておきますと、日本のエネルギー事情、或いは世界のエネルギー事情というものがあります。周知のように、日本は石油資源などの化石燃料、ウランなどの原発燃料がほとんど採れません。ですから、これまでは原子力発電を推進して核燃料サイクルを確立する、というエネルギー戦略をとってきたのだと思います。2030年時点で原子力発電の依存度をゼロにするか、もしくは15%、20%~25%のどのあたりに落ち着かせるかといった議論もなされているのですが、現在、原発再稼働の是非が問われていて、なかなか動かせない状態にあります。それに、化石エネルギーにしても、原子力にしても、たぶんコストは年々上がっていくだろうと思われまますので、いずれはやはり自然エネルギーにシフトしてい

## 日本のエネルギー事情

- 日本は石油資源などの化石燃料や、ウランなどの原発燃料がほとんど取れない。
- これまでの日本は、原子力発電を推進し、核燃料サイクルを確立するエネルギー戦略を採ってきた。
- 2030年時点での原子力発電への依存率をゼロ、15%、20~25%のどのあたりに落ち着かせるか？
- 原発再稼働の是非が問われている
- 最大の課題はプルトニウム？

かなければいけません。

一方、太陽光発電の場合は、もちろんこれもコストの面ではいろいろ課題はあるのですけれども、静かでクリーンな発電方式で、しかもどこでも発電できる、というメリットがあります。たぶん寝室の上でも発電できる、数少ない発電方式の一つだろう、と思います。風力だと、騒音や振動が出ますし、どこでも発電できるというわけにはいきません。

また、太陽光発電は、小規模でも、大規模でも、変換効率があまり変わらない、というのも売りだと思えます。さらに、可動部分がないため壊れにくく、メンテナンスも容易と一応言われていますが、この辺は使い方によって実は大きく変わってきて、部分影ができないように置くなど、設置の際には気をつけなくてはなりません。

現状では、発電コストは高めですが、住宅用についてはコストメ

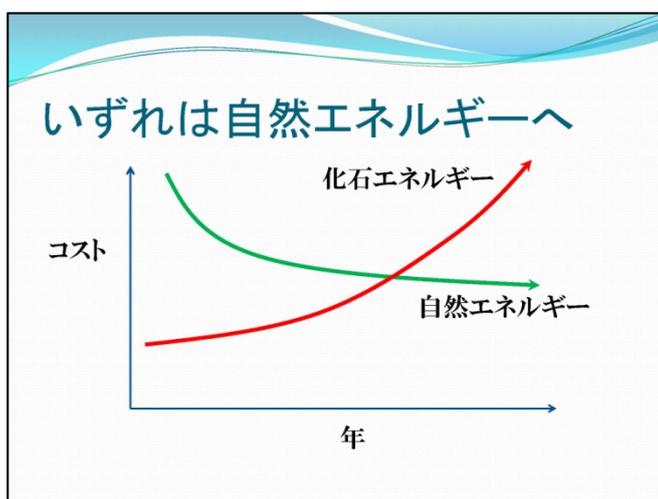
リットが得られるところまでもうきています。今は補助金が付いていますが、仮に補助金がなかったとしても、家庭用の電気代であれば、20年くらい使えば元が取れますし、補助金を使えばだいたい10年以内に初期投入費用がペイするような体制になっています。

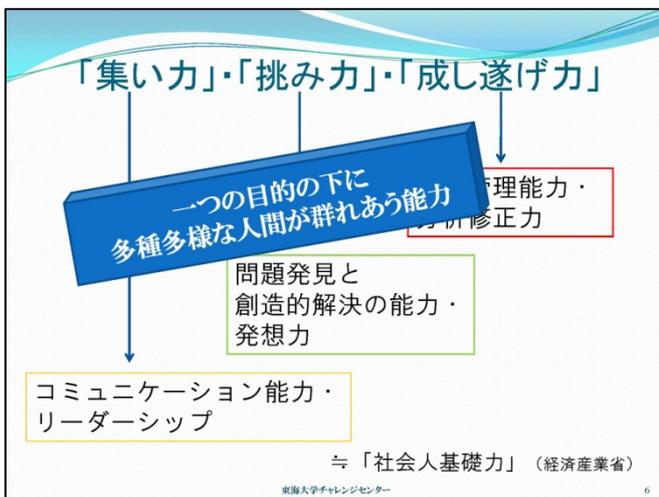
なお、自然エネルギーのコストについては、だんだんと下がって行って、エクスポネンシャルでゼロに近づくというカーブを描く人もいらっしゃるのですが、私はそんなには下がらないのではないかな、と思っています。いずれにしても、クロスポイントがいつ頃来るかということが関心の的となるわけですが、ここはまだわからないですね。ただ、もしかしたら2015~30年ぐらいには来ているかな、というふうには思っています。

以上が、バックグラウンドについての認識ですが、こうしたなか、私自身は大学で電子工学を学んできて、半導体の光センサーを研究してきました。そして、大学に就職した結果、ソーラーカーなどのプロジェクトに携わるようになりました。みなさんにお配りした名刺の裏側に、もうひとつ、「東海大学チャレンジセンター次長」と書いてありますが、現在、この中の「ライトパワープロジェクト」というところでソーラーカーチームに携わっています。

## 太陽光発電

- 静かでクリーンな発電方式で、どこでも発電できる
- 寝室の上の屋根でも問題無い
- 可動部分がないため、壊れにくく、メンテナンスも容易
- 発電コストは現状では高めであるが、住宅用についてはコストメリットが得られる





それでは、次にチャレンジセンターの活動についてご紹介します。チャレンジセンターは、2006年4月に発足いたしました。「集い力」「挑み力」「成し遂げ力」という3つの力に、今年から「自ら考える力」というのが加わりまして、4つの力になりました。「集い力」はコミュニケーションやリーダーシップの能力、「挑み力」は問題発見と創造的解決の能力・発想力、「成し遂げ力」は工程管理能力や分析能力です。大きなプロジェクトの活動を通して、多種多様な人間が一つの目的の下に群れあうことで、学生に社会的実践力を培ってもらおう、ということです。これは経済産業省が提唱するところの「社会人基礎力」に相当する力だと思っていますが、われわれは2006年にチャレンジセンターを始めていますから、実は「社会人基礎力」が出る少し前に、東海大学では「社会的実践力」というのを言い始めていた、ということになります。

では、チャレンジセンターでは具体的に何をやっているかと申しますと、プロジェクトを通じた学生たちの実践活動をサポートしています。プロジェクトのテーマは何でもいいです。地域活性化、環境保護、国際交流、モノづくりなど、何でもいいのですが、学生が企画を立案します。そして、原則的に50名以上で組織して推進をする。支援体制としては、教職協働体制をとって、教員がプロ

Tokai University Solar Car Team

## 東海大学チャレンジセンター ライトパワープロジェクト

- ✓ 東海大学チャレンジセンターはプロジェクト活動をと  
おして「集い力」「挑み力」「成し遂げ力」といった社会  
的実践力を育成
- ✓ ライトパワープロジェクトは「ソーラーカー」「電気自  
動車」「人力飛行機」の3チームから構成
- ✓ 大会出場から、社会貢献、環境啓発、国際交流、も  
のつくり教室などの活動





ソラーカー      電気自動車      人力飛行機

TOKAI UNIVERSITY

Tokai University Solar Car Team

## 震災復興への活力を



2011年3月11日  
**東日本大震災**

原子力発電所での水素爆発  
事故により、大量の放射性汚  
染物質が拡散

電力不足に陥り、産業界の生  
産にダメージ

太陽光発電などの持続可能  
エネルギーへシフト

日本が得意とするエネルギー  
技術で日本を元気にしたい！

TOKAI UNIVERSITY

Tokai University Solar Car Team

## ソーラーカー技術で震災復興



ソーラー  
チャージャー

DC/AC正弦  
波インバータ

LED電球  
携帯電話充電器  
インターネット接続パソコン  
液晶テレビ  
扇風機  
電子レンジなど



パナソニック製  
**電気自動車用鉛蓄電池**

ディープサイクル(深放電)用途に強く  
パワフルな、EC-FV1260を4個使用

**三洋電機製  
太陽電池モジュール**

独自のセル構造で世界最高水準の変換効率を達成  
※2011年3月、単産型太陽電池の住宅用太陽電池として

**3.11生活復興支援プロジェクトとして**  
岩手県大船渡市・宮城県石巻市に  
応急公民館などを2棟建設

東海大学ソーラーカーチームが  
太陽光発電システムをデザイン

<http://deka.challe.u-tokai.ac.jp/3.nlcp/>



TOKAI UNIVERSITY

プロジェクトアドバイザー、職員がプロジェクトコーディネーターとして活動を支援するほか、大学は支援金も出しています。さらに、ミーティングをするスペースや、モノづくりをするスペースなども提供しています。2013年度は、大きい「チャレンジプロジェクト」が19プロジェクトありまして、そこで約1000名が活動しています。また、萌芽的な内容で、10人以上からできる「ユニークプロジェクト」というのもあって、こちらは23プロジェクトに、500名程度が参加している、というような状況です。

そして、これらのなかに、ソーラーカー、電気自動車、人力飛行機の3チームで構成された「ライトパワープロジェクト」があります。先ほどもお話ししたように、私はチャレンジセンター発足以前から大学でソーラーカーのプロジェクトに携わっており、今日に至っています。ちなみに、同じフロアの隣では、「鳥人間コンテスト」でおなじみの、人力飛行機チームの学生たちが作業をしています。

なお、この「ライトパワープロジェクト」は、大会出場だけでなく、社会貢献、環境啓発、国際交流、モノづくり教室などの活動も展開しています。私たちのソーラーカーチームですと、「震災復興への活力を」ということで、東日本大震災で津波被害を受けた東北の地域で、間伐材を使って公民館をつくる、といった活動に協力してきました。これは、「3.11生活復興支援プロジェクト」といいまして、

例えば大船渡市三陸町越喜来の泊地区では、公民館が津波で流されて、牛小屋が公民館代わりになっていましたので、これはあまりにもひどいということで、応急の仮設公民館を建てました。その際、太陽電池をスポンサーからいただきまして、公民館の屋根に乗せる、というようなことをやりました。大船渡市以外にも、石巻市や名取市、そういったところに公民館や図書館などを建設した、という実績があります。

東海大学のソーラーカー開発史——KamomeからTokai Challengerへ

木村談:ソーラーカーについては、「エコカーの中のエコカーである」と思っています。現在、エコカーとして、ハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車などが知られています。いずれもエネルギー源を別途確保する必要があって、しかも重さが1t以上ありますので、消費エネルギーは実は大きいです。従来のガソリン車と比べてエコだというだけであって、まだまだ環境性能を向上させる必要がある、と考えています。これに対して、ソーラーカーは実現するのはすごく困難ではありますが、「CO2

Tokai University Solar Car Team

### エコカーの中のエコカー = ソーラーカー

- ✓ ハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車はエネルギー源を確保する必要があり、1トン以上の重さがあるため、消費エネルギーが大きい。まだまだ環境性能を向上させる必要がある

↓

- ✓ 「CO<sub>2</sub>排出ゼロ」、「燃費無限大」のソーラーカーは、一度作れば半永久的に走行できる究極の環境自動車！

TOKAI UNIVERSITY

Tokai University Solar Car Team

### 国際ソーラーカー大会参戦の目的

**未来への挑戦**

エネルギー

太陽光発電などによる持続可能なエネルギー社会を実現する

技術

創エネ+蓄エネ+省エネなどの技術を高める

環境

地球温暖化が原因とされる海面上昇や異常気象が深刻化を抑制

TOKAI UNIVERSITY

### 世界大会参戦成績

2008	South African Solar Challenge	in 南アフリカ共和国	総合優勝
2009	Global Green Challenge	in オーストラリア連邦	総合優勝
2010	South African Solar Challenge	in 南アフリカ共和国	総合優勝
2011	Veolia World Solar Challenge	in オーストラリア連邦	総合優勝
2012	Sasol Solar Challenge	in 南アフリカ共和国	総合優勝

世界大会 5連覇



2009年型 Tokai Challenger



2011年型 Tokai Challenger

TOKAI UNIVERSITY

排出ゼロで、燃費は無量大」です。一度つくってしまえば、半永久的に走行できる、究極の環境車なのです。やはり、未来を見据えれば、こういったものの開発を進めておいてもよいのではないかと考えています。ですから、国際ソーラーカー大会への参戦についても、目的はどこにあるかと申しますと、私たちのなかでは「未来への挑戦」であると位置付けています。エネルギー、技術、環境の3分野で何か役に立てる新しい技術が見いだせないか、ということで開発を行っています。そして、2008年、南アフリカ共和国で開催された「サウス・アフリカン・ソーラー・チャレンジ」というFIA (Fédération Internationale de l'Automobile: 国際自動車連盟) 公認のレースで優勝して以降は、隔年開催されるオーストラリア大会と合わせて、今のところ世界大会で5連覇を達成できている、という状況にあります。

これまでの東海大学におけるソーラーカーについて振り返っておきます。東海大学では1991年にプロジェクトを開始しました。これが1992年にデビューした「Kamome 50TP」という2人乗りのソーラーカーです。太陽光で時速40kmを出すのがやっとみたいなソーラーカーでした。また、「Tokai Spirit」というのは3号車で、1996年から2000年まで運用しました。この車はオーストラリア大陸を縦断する「ワールド・ソーラー・チャレンジ」に出場しまして、これはその時の写真です。

私がチームに入ったのは1996年のことで、この頃はまだ駆け出しでした。当時、私が、どんなことをやっていたかと申しますと、大会中は後方のキャンピングカーのキャンピングスペースにいまして、実はこのスペース、窓も小さくて、まるで牢獄のような環境で、エアコンが効かないのです。エンジンの熱がガンガン上がってくるというなかで、熱射病と闘いながらエネルギーマネジメントをしていたのですけれども、ちょっと外の空気が吸いたくなりました。そこで、1回だけ車外に出て撮ったのがこの写真です。また、当時はまだ自転車用タイヤみたいなものを使っていましたが、隣が牧場だったりしますと、牧場の牛が通行できないように道にキャトルグリッドというものが敷いてあります。ソーラーカーがこの上を渡るとタイヤがパンク



する可能性があるので、先回り部隊で板を予め敷いておくのです。当時は、キャトルグリッドはコース上に全部で108ヶ所ありまして、「108の難所をクリアすれば何か願いが叶うんじゃないか」とか言いながら、まるで修業のようにこの作業をやったりしていました(笑)。

また、2001年には「Tokai Spirit 2」というものを作りました。チームに入ってから5年が経ちましたので、私も一応のエースということで、ドライバーを担当しました。ただ、私は身長が185cmありまして、大きくて邪魔だということで、ドライバーはこれが最後になりました(笑)。この写真はアデレードにゴールした時のものです。その後、2006年から2008年までは、「Tokai Falcon」というのが活躍しました。

そして、ブレークしたのが「Tokai Challenger」というソーラーカーで、2009年にデビューしました。フロント2輪、リア1輪の3輪です。これには最初、シャープさんの高性能な太陽電池を使いました。人工衛星に使われる宇宙用のもので、専門的には「トリプルジャンクション」と呼ばれていますが、多接合化合物太陽電池という、変換効率が30%ほど出る世界最高レベルの太陽電池です。この太陽電池の出力は1.8kWありますが、馬力に換算すると2.4馬力しかありません。原付スクーターでさえ2.5馬力ありますから、それとやっと同じになる程度

なのですが、ソーラーカーはこれで時速100kmを出さなければなりません。そこで、車体のデザインを、太陽光が降り注ぐ上面は広くして、空気がスムーズに流れるよう、前から見た時にはなるべく



小さくしています。また、流線形の形状にすることで空気抵抗を減らして、さらに炭素繊維を使って軽くすることで、超省エネの電気自動車にしています。

ちなみに、車の世代交代がだんだんと早くなっているのは、大会側がこここのところ、レギュレーションを頻繁に変えるため、それで2年に1台ずつソーラーカーをつくっていかなければいけない、という状況になっています。例えば、最近ですと、太陽電池が変更になりました。と申しますのも、宇宙用の太陽電池を搭載したソーラーカーでは、われわれがもう十分速いスピードで走ってしまったので、これ以上速くなくても公道ではレースになりません。ですから、大会は宇宙用太陽電池の使用を事実上、禁止したのです。その後は、シリコン系の太陽電池、つまりは住宅の屋根に使うようなものでやってくださいということで、値段を安くして、いろいろなチームが参加しやすいようレギュレーションが変わりました。そして、それにともなって、われわれの太陽電池もシャープさんからパナソニックさんへと変更になりました。

これが2011年のオーストラリア大会で優勝した「Tokai Challenger」です。大きさは約5mで、幅が約1.6m、高さは低くて0.9mぐらい。重さは134kgです。最高スピードですが、出したことはありませんが、理論上は160km/h出せるはずとなっています。太陽光のみで走れるのはアベレージスピードで90km/hで、HIT太陽電池はシリコン太陽電池としてはトップレベルにあります。そして、今年の4月20日、この「Tokai Challenger」がトミカNo.26としてラインナップされました。町で見かけましたら、ぜひお買い求めいただければ嬉しいです。



なお、2011年のオーストラリア大会には、26の国と地域から37チームが出走して、前回大会で優勝した東海大学チームはディフェンディングチャンピオンとして参戦しました。ただ、実のところ、この大会、われわれのチームは出場するか、しないかで大変だったのです。2011年は東日本大震災があった年でしたから、車両開発もまさにその時にあたっていました。特に、東海大学湘南キャ

Tokai University Solar Car Team

## 2011年型ソーラーカー「Tokai Challenger」諸元



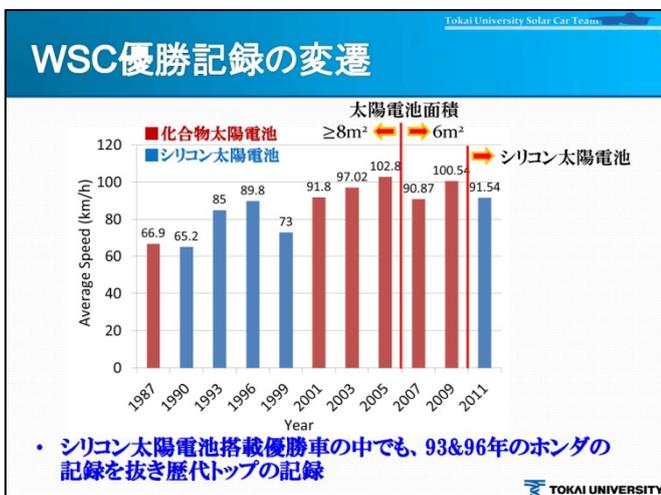
Length	4980 mm
Width	1590 mm (-50mm)
Height	880 mm (-50mm)
Weight	140kg (-20kg)
Track	1250 mm (-50mm)
Wheelbase	2050 mm (-50mm)
Max-Speed	160 km/h
Avg-Speed	90 km/h
Transmission	Direct Drive
Brake	Front: Hydraulic Disk Rear: Hydraulic Disk & Regeneration

- 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加工、コンピュータによる空力解析などで軽量かつ空気抵抗が少ないボディを実現

 TOKAI UNIVERSITY

ンパスには「計画停電」というものがありました。夏場には、作業場にせっかく付けてもらったエアコンがあったのですが、電気を入れないと室温が 40℃ぐらまで上がってしまいました。その酷暑のなか、学生と一緒に作業をして、本当に大変な思いをしながら出場にまでこぎつけました。

これは歴代のソーラーカーの記録の変遷です。赤が化合物太陽電池、青がシリコン太陽電池の記録です。1987 年は GM のサンレイサーが優勝しています。化合物太陽電池でした。1993 年と 1996 年はホンダさんが優勝しています。これはシリコン太陽電池です。以後は、化合物太陽電がすごい勢いで登場し、2001 年から 2007 年までオランダのデルフト工科大学が優勝しています。彼らも 100 km/h を 1 度超えておまして、2005 年に 102.75 km/h という歴代トップの記録をマークしましたが、これ以降レギュレーションが変更されて、8 m<sup>2</sup>以上貼れた太陽電池が 6 m<sup>2</sup>に制限された結果、平均スピードが落ちました。しかし、2009 年、われわれの東海大学チームが再び 100 km/h を超



える記録を叩きだしました。ところが、ここでまたレギュレーションが変更になりまして、シリコン太陽電池へと変わりました。たぶん、100 km/h を超えるとルールが変わるのですね。このままいけば、2013 年はルールは変わらないと期待していたのですが、次回オーストラリア大会からは新ルールということで、残念ながらまた変わってしまいました。

#### Tokai Challengerの技術的特徴——太陽電池・炭素繊維・モータの工夫点

木村談:次に、「Tokai Challenger」の特徴についてご紹介します。まず、太陽電池は、パナソニックさんの「HIT 太陽電池」を使っています。アモルファスシリコンを使った少し変わったタイプの電池です。車体には、東レさんの炭素繊維「トレカ」を使っています。2009 年の車体と比較しますと、26 kg

**2011年型ソーラーカー「Tokai Challenger」の特徴**

**太陽電池**  
パナソニック製HIT太陽電池を搭載。  
ソーラーカー専用最適化。

**高効率モーター&低転がり抵抗タイヤ**  
ミツバ製モーターのさらなる変換効率の向上。  
ミシュラン製低転がり抵抗ラジアルタイヤ。

**車体の軽量化**  
東レ製炭素繊維素材トレカを使用。  
剛性を高めつつ**26kgの軽量化**。

**高容量リチウムイオン電池**  
パナソニック製リチウムイオン電池を搭載し、  
他のチームより多くのエネルギーを確保することが可能。

**空力性能の向上**  
ヤマハ発動機・ソフトウェアクレイドル社の空力解析協力により、さらに空気抵抗を低減。

**2011年型Tokai Challengerは2009年型よりも  
さらに高いエコテクノロジーを開発&投入**

の軽量化を達成しました。それから、リチウムイオン電池は 18650 型という円筒形のものを使っています。ノートパソコンなどに使われるものです。モーターも特別製で、群馬県桐生市に本社があるミツバさんと一緒に開発しています。タイヤは、フランスのミシュラン製の「低転がり抵抗ラジアルタイヤ」を使っています。空力開発は、ヤマハ発動機のエンジニアから指導を受けて、ソフトウェアクレイドル社というところの「SCRYU/Tetra」というソフトウェアを使っています。

それでは、ひとつひとつ説明していきます。まず、「HIT 太陽電池」。これは住宅屋根用に使われているものです。ただし、普通の屋根用のものは、厚さ 5mm ぐらいの強化ガラスの下に太陽電池を貼っていくのですが、それですと曲がらないですし、重量も増えるということで、われわれは特別に小さくカットしてラミネート加工したものをモジュールとして使用しています。空気抵抗を考えているので、3次元に伸ばしながら貼っていく、という方法をとっています。また、セルとセルの間隔を 1 mm

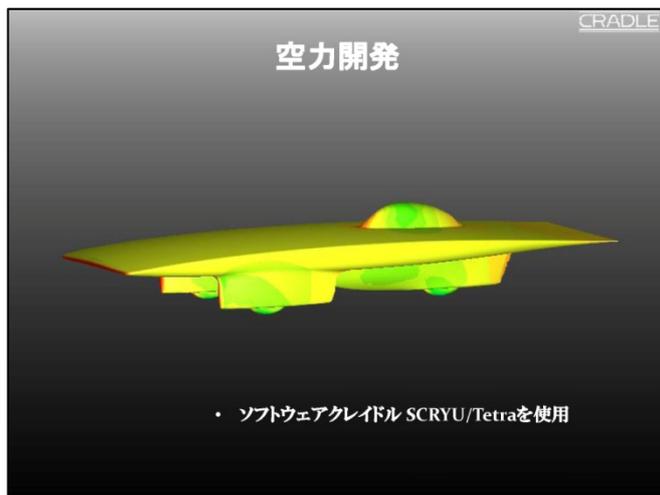
まで詰めまして、モジュールをできるだけコンパクトに小さくつくるようにしています。ただ、ドライバーの頭が入る部分については、朝夕は影になる可能性があるのですが、この周りだけは太陽電池を貼らず、影ができないよう配慮しています。そして、この「HIT」がシリコン太陽電池で世界トップレベルとなる、22%の変換効率を達成しました。

なお、細かいことですが、スクリーンはポリカーボネートにしています。これに「マルチレイヤーNano」という商品名の、屈折率が違う多層膜フィルムを貼り付けました。可視光は通りますが、紫外線は吸収して赤外線は反射するというもので、コックピット内の温度が上がらないよう、こうしたものを使っています。

ちなみに、ドライバーのための配慮として、空気の取り入れ口がキャノピーの前にありまして、ここから風がひゅっと顔に当たるようになっていま

すので、いくら涼しいかな、という感じです。でも、私もドライバーを経験しましたが、意外と暑く感じません。もちろん、クルマが止まっていれば暑いですが、走り出してしまえば、運転に集中してしまいますので、暑さは感じないのです。「HIT」の性能や構造については、後ほどまた詳しくご説明します。

次に、炭素繊維は東レさんから提供されたものを使わせていただいています。東レさんは、ボーイング 787 型機、エアバス A380 型機といった飛行機に炭素繊維を供給していますが、私たちも同じものを使っています。以前は、サスペンションのアームやロールバーは金属で作っていましたが、今回、細かいパーツまでカーボンにしたことで軽量化が達成でき、160 kgから 134 kgと、2009 年の車体に比べて 26 kgの軽量化を実現しました。普通は「3K」と言って、3000本を束にして織った炭素繊維のクロスを使いますが、今回は「1K」といいまして、少し薄いタイプのものを使って最適化した結果、車両の総重量は電池込みで 134 kgになりました。東レさんがスポンサーで下さるソーラーカーは東海大学チームだけだと思います。ただ、ライバルチームもがんばってまして、2009年に 161 kgだったのが、2011年には 140 kgになっていて、「敵もなかなかやるな」といったところです。



また、炭素繊維のボディの加工については、童夢カーボンマジックにお願いしました。童夢社は以前に「童夢-零」というスーパーカーをつくりました。現在は東レが今年の4月1日に買収し、東レ・カーボンマジックという社名になっています

それから、モータも結構凝っています。ダイレクトドライブというタイプで、タイヤに直結しています。こうすると、チェーンやギアを介さないで、伝

達効率がよくなります。イン・ホイール・ドライブと同じような意味です。また、ボールベアリングは、普通は鋼鉄製ですが、窒化ケイ素というセラミックを使っています。それと、電磁石の部分には、ケイ素鋼板と呼ばれるものが普通使われるのですが、うちのチームでは鉄系アモルファスコアというものを採用しています。アモルファスは磁気変換効率が高いので、これを鉄芯にしてモータに使っている、というわけです。

ダイレクトドライブを共同開発したミツバという会社は、もともとワイパーのモータや、パワーウインドーのモータが得意な会社でした。しかし、これからの時代は電動パワーステアリングとか、いろいろなモータが自動車の中で使われるだろうから、モータの技術を高めておく必要があるということで、社内プロジェクトとして「SCRプロジェクト」を立ち上げたそうです。SCRはソーラー・カー・レーシングの略です。その誕生のきっかけになったのが私たちだったということで、2001年にお問い合わせに行って、2002年から東海大学への供給が始まって、2003年ぐらいから市販が始まりました。

なお、普通のモータは永久磁石がNSの2極、電磁石では3極が標準パターンで2:3なのですが、このモータの場合は8:9になっています。ですから、普通だと6:9のところ、ここでは8:9となっているわけですが、このほうがトルクが出しやすいのです。ちなみに、エレベーターもまたトルク

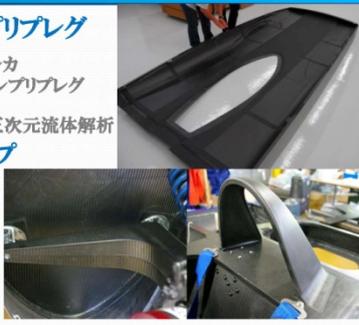
が必要なモータですが、エレベーター用のものは10:12というまた特殊な比率になっていて、ダイレクトドライブでもそれなりにトルクが出るような工夫がなされています。

セラミックボールベアリングを担当しているのはJTEKTさんです。実は、このJTEKTにはソーラーカーチームがあって、鈴鹿のソーラーカー大会に出場している関係で、「うちのを使ってみませんか?」、「じゃあ使っ

Tokai University Solar Car Team

### 東レ・炭素繊維によるトップレベルの軽量化

- **1Kおよび3Kのカーボンプリプレグ**
  - 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のカーボンプリプレグを使用
  - SCRYU/Tetraによるコンピュータ三次元流体解析
- **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134kgへ26kg軽量化**



 TOKAI UNIVERSITY

Tokai University Solar Car Team

### 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**



 TOKAI UNIVERSITY

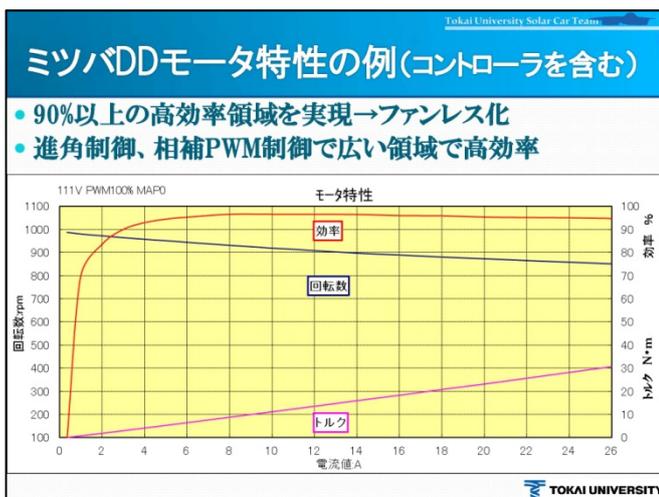
てみましょう」みたいなやりとりがあって、  
 お願いすることになりました。このよう  
 に、ソーラーカーの業界は大会出場を  
 通して、「みんなが仲間」という感じで、  
 すぐつながっていくんですね。

アモルファス電磁石コアについても、  
 横のつながりがありましたので、日本ケミ  
 コンさんに私が企画を持ち込みました。  
 特殊電装さんというモータの企業があ  
 るのですけれども、2003 年にそこと電  
 気エコランのモータを共同開発しまし  
 て、小さな 100W くらいのモータで約  
 93%の効率を実現した、という実績が  
 ありました。日本ケミコンさんもモータ  
 用は開発しておらず、トランスやコイル  
 用につくっていたのですが、「モータの  
 コアに使いたいのもっと大きいもの  
 をつくってください」とお願いをしまし  
 た。

ちなみに、小型電気自動車用のモ  
 ータはうちの大学の研究室でつくって  
 いました。エネルギー変換・貯蔵とい  
 うのが私の専門分野ですので、モータ、

コントローラー、キャパシタの応用あたりは一応大丈夫で、太陽電池も守備範囲です。クルマという  
 ものは総合力が必要になるので、弱点がないようにすることが、強くなる最短コースなのです。つま  
 りは全部できないとダメということで、空力など、私も後からいろいろ勉強することになりました。

一方、学生の役割ですが、各企業がつくったものを車体に組み付けていきます。モータ、コント  
 ローラー、MPPT、各種センサー、これらはみんなバラバラですので、それらを組み立てていきます。  
 また、CAN といひまして、車の中で使うネットワークの方式がありますが、そういったネットワークを使  
 ってバッテリーのマネジメントシステムなどをつなぐのも、学生の仕事です。あとは、データを収集し、  
 テレメトリという電波で他のサポート車に飛ばして、車内の情報を離れたところで観測をします。さら  
 に、気象センサーを付けて、風向、風速、気温、気圧、湿度といったさまざまなデータをとって、統  
 合的に情報収集するのも学生たちが担当しています。



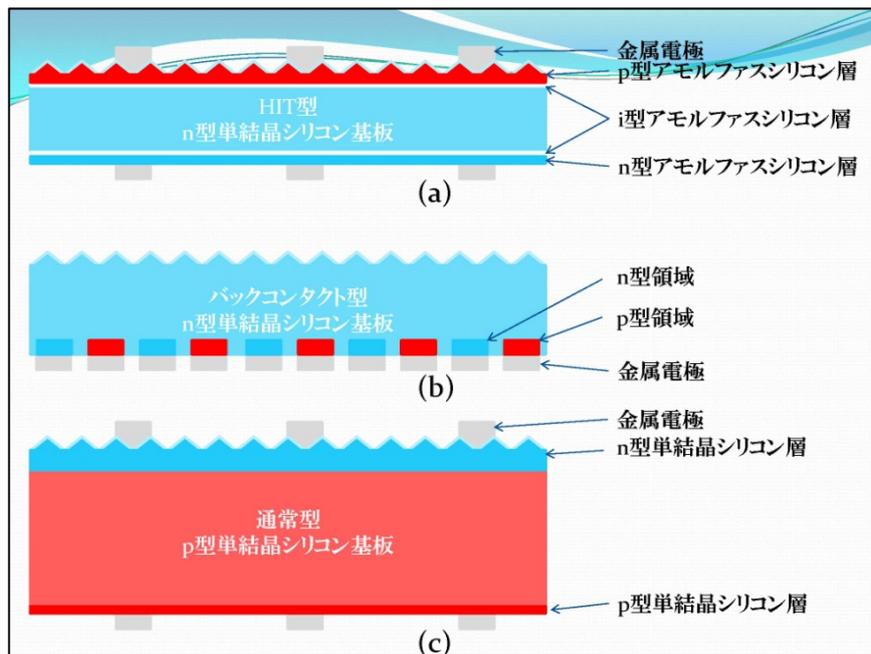
## 実戦に強い太陽電池モジュールの構築—ライバルチームとの差別化

木村談: やや専門的になりますが、ライバルチームが採用している企業の太陽電池と、われわれチームの「HIT 太陽電池」とでは何が違うのか、についてお話いたします。

まず、通常型のシリコン系の太陽電池ですが、普通は p 型の単結晶シリコン基板を使っていて、その上に n 型のシリコン層をのせています。「pn ダイオード」といって、整流ダイオードと同じ構造のもので、面積が大きくなると太陽電池になります。実際、太陽電池が見つかったのも、ベル研究所ですね。ダイオードの特性を調べようと思って顕微鏡で見ている時に、ランプをつけたら、「あれ、電流計が振れたぞ」みたいなところから太陽電池が見つかって、そこから開発が始まったと言われています。それがアメリカの人工衛星に付けられていったのです。

これに対して、われわれが採用した「HIT 太陽電池」は少し変わっています。n 型の単結晶シリコン基板の上が p 型のアモルファスシリコン、下が n 型のアモルファスシリコンで、この間に i 型といひまして、p 型でも n 型でもなく、不純物がまったく入ってないイントリンシックなタイプのアモルファスシリコンを薄くサンドイッチした構造になっています。

みなさん、アモルファスだと効率が悪いのではないかとと思われるかもしれませんが。実際に、アモルファスシリコンだけだと発電量は少ないです。それは中にダングリングボンド(未結合手)ができてし

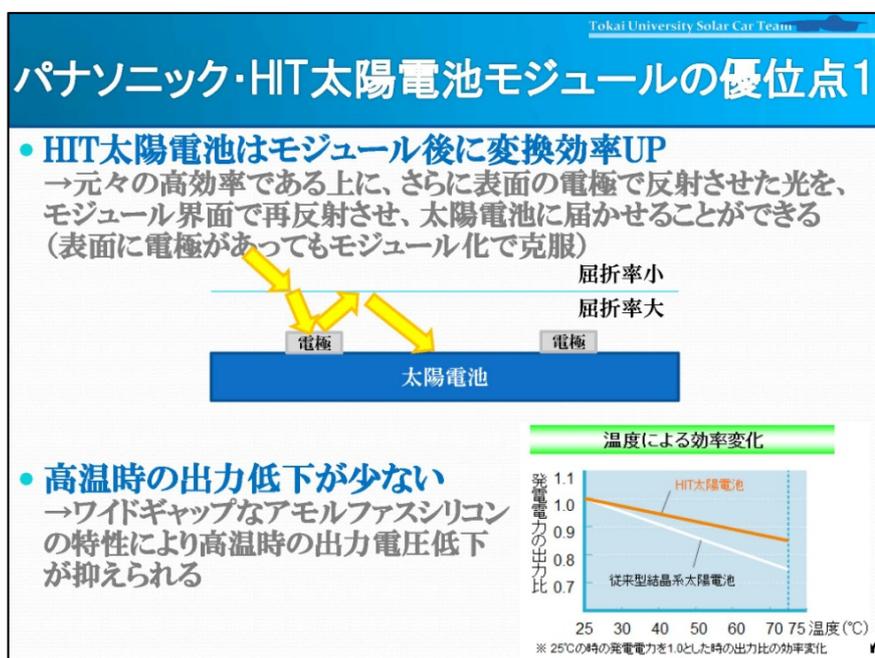


まって、せっかく太陽光でできた電子-ホールペアが再結合して、キャリアの寿命が短くなったりとか、いろいろ理由があって、アモルファスシリコン単体だと確かに効率が稼げないです。ところが、「HIT 太陽電池」の場合は、実は発電しているのは n 型シリコンで、通常の単結晶シリコン太陽電池と同じなんです。では、どこにアモルファスシリコンを使っているかと申しますと、プラスとマイナスの電位差を作る機能のところ、つまり電圧を作る部分に使っています。

また、通常型ですと、ドーピングする際に温度を 800℃とか、900℃に上げなければならないのですが、そうすると温度を上げて下げる時にやはり結晶がダメージを受けてしまいます。これに対して、「HIT」は CVD (Chemical Vapor Deposition: 化学気相成長法) で、低温プロセスでつくられます。具体的な温度までは把握していませんが、「HIT」の場合は 300℃以下の低温プロセスが使えるので、結晶の品質も落ちず、高効率が出せる、というのが特徴です。それに、「HIT」は 0.2 mm 以下と薄くてきています。コストを下げるために、今、太陽電池はどんどん薄くなってきておりますが、薄ければ多少は曲げることができますので、これも大きな利点です。

ご参考までに、ライバルチームが使っている高効率タイプの太陽電池をご紹介します。バックコンタクト型というものです。これはどういうものかと申しますと、金属電極は光を通しませんので、そこが影になってしまい、その下では発電しません。「だったら電極を全部裏側に回してしまって、表側全面で光を取り入れてしまえばいいじゃないか」ということで、スタンフォード大学で開発されたのがバックコンタクト型です。ただ、このバックコンタクト型の場合、n 型基板の中にさらに p 型や n 型の領域も入ります。こちらも変換効率は 22% 前後に達しておりまして、世界トップレベルとなっております。

ですから、現在、シリコン太陽電池のトップレコードは HIT 型か、バックコンタクト型か、というところで熾烈な競争が繰り広げられています。ただし、日本製の太陽電池を使っているのは、日本チ



ームを含めて東海大学だけ、という状態です。ライバルチームはサンパワー製ですので、われわれはオンリーワンの存在です。なお、彼らがサンパワー製を採用する理由ですが、「HIT」はセルの変換効率ですと公称 21.6%で、バックコンタクト型は 22.6%なんです。1%負けているのです。ですから、みなさん、その1%の差を気にしてサンパワー製を採用しているようです。しかし、われわれには「HIT」でもいけると思うところがありまして、これを選んでいきます。

では、なぜ「HIT」を選択したかですが、実のところ、アモルファスシリコンで電圧を作ると、高温になっても出力が落ちにくいんです。一般に、夏場の屋根の表面は 70℃ぐらいですし、ソーラーカーの場合は走るの、風で冷えても 50℃前後と高温です。このとき、通常の結晶系のものだと出力が 20～25%程度減るのです。それに対して、「HIT」は高温時でも出力が落ちにくいということで、「これだったら実際の戦いの場で勝てるぞ」と考えて「HIT」を選びました。ちなみに、太陽電池の出力は 25℃で測るのが世界的な決まりです。ですから、25℃時点での性能を比べると、サンパワー製が 22.6%で、「HIT」が 21.6%と、1%負けてしまうわけですが、温度が上がればこれが逆転するのです。「HIT」で勝ると確信した理由がここにあるわけですが、たぶんライバルチームは温度が上がった時のことまでは考えていなかったのだと思います。それに、われわれが使わなかったら、国産の太陽電池が世界の舞台で活躍する機会を失います。ですから、仮にソーラーカーレースで負けたとしても、太陽電池技術の DNA 的にはこれを大事にしなければいけない、と考えました。

モジュールの工夫についても、ライバルチームとは違いが何点かあります。太陽電池はよく見ますと、表面にししまの模様があります。これは電極ですけれども、先ほども説明したように、電極は光を通しませんので、電極の下は実は発電しません。ですので、その対策として、電極が光を反射するようにしています。屈折率はモジュール内部が大きくて、外部は小さいので、光ファイバーみたいに境界面で反射しやすくなっていて、光がもう 1 回太陽電池に当てることができます。このように、モジュールで光を戻そうという戦略を採っています。われわれはモジュール表面をフラット構造にして、さらに反射防止加工を施しています。

それから、写真からおわかりになるとと思いますが、ライバルチームは表面が曇りガラスのような見え方になっています。これはテクスチャー構造といって、表面を逆ピラミッド形状にして凸凹にしています。光というのは真上からまっすぐ入った時にはわりと反射しないで中に入りますが、斜めから入ると反射しやすくなるので、もし光が反射したとしても、それをもう 1 回キャッチできる、という考え

Tokai University Solar Car Team

## 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

TOKAI UNIVERSITY

です。ただし、テクスチャー構造の場合、研究室や実験室レベルでは確かに出力は上がりますが、実際に走るのは砂漠気候帯ですから、砂塵が舞っていて、テクスチャー構造だと砂ぼこりが付着しやすくなります。そして、このような表面構造だと、拭いてもなかなか汚れが落ちない。その点、表面を平らでつるつるにしておけば、砂ぼこりが付着しにくいですし、拭けば簡単に取れるということで、うちのチームでは眼鏡に使われているような反射防止膜を採用することにいたしました。

ちなみに、スタンフォード大学は、スマートフォンに使われるような薄いガラスに 7 層の反射防止膜を付けて、カメラのレンズ並みの反射防止加工をしています。薄いガラスをフィルム代わりに使った液晶テレビのガラスみたいなもの、と思ってもらってもいいです。でも、これだとさすがに 2 次元でしか曲がりません。ですから、スタンフォードは発電を優先した結果、屋根が真っ平らになりました。何を良しとするかで、設計方針が変わってきます。われわれは 3 次元カーブのルーフ形状。逆に、スタンフォード大学は真っ平ら。オランダチームは 2 次元カーブ。ライバルチームも、われわれも、反射を抑えることで発電量を増やそうという目的は共通しているのですが、異なる手法を選択した、ということです。

### 太陽電池モジュールの外観比較



Nuna 6      Tokai Challenger

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)

TOKAI UNIVERSITY

### 太陽電池モジュールの外観比較



Nuon Solar team      U of Michigan

Tokai Univ.      Stanford Univ.

これが MPPT (Maximum Power Point Tracker:最大電力点追従回路) です。MPPT は、太陽電池の電力を最大限有効に取り出す、という回路です。DC/DC コンバーターの親戚だと思っていただいてもいいです。これは産業技術総合研究所(茨城県つくば市)と小山高専(栃木県小山市)、それと三島木電子(茨城県水戸市)とで作っていて、今、新型機を開発しています。

### 太陽光発電電力変換回路



- MPPT(最大電力点追従回路)
- 太陽電池出力を効率よく取り出すための回路を産総研、小山高専、三島木電子とともに開発し搭載
- マイコン+組み込みソフトによる制御で、変換効率98%以上を達成

TOKAI UNIVERSITY

かなり細かい話になりますが、MPPTはモジュール1個に1回路を付けています。したがって、モジュールの外観を比較しますと、通常、ライバルチームが4ブロックとか、5ブロックであるのに対して、われわれは18ブロックとなっていて、発電エリアをできるだけ小さく区切っています。といいますが、車体が丸まっていたりすると、光の当たり方が変わってきて、一番当たらない部分に引っ張られて全体の出力が抑えられてしまいます。ですから、なるべく小さいブロックに分割していったほうが、トータルとして発電量が確保できる、と考えたわけです。もちろん、空気抵抗を考えれば、形はもっと丸めたいところですが、角度差が出てしまうのでできないのです。

これはスタンフォード大学とミシガン大学ですが、1枚の面積がかなり大きいです。面積が大きくなって電流が出て、電圧は一緒です。彼らのソーラーカーは100Vぐらい使うんですが、そうすると100Vにするためには、仮に1枚0.5Vとして200枚も直列につながなければいけません。ところが、直列につないだ場合、太陽光の当たり方に角度差があると、電流を流せるものと流せないのが出てきます。先ほども説明しましたように、電流が一番発電しないものに足を引っ張られますから、スタンフォードは真っ平らにしたほうが良い、と考えたんですね。一方、ヌオン・ソーラー・チームは30mm×125mmで、30mm幅にして、発電系統数を若干多くする、という工夫をしています。実は、私たちが偶然30mm幅です。「敵も同じことを考えていたか」みたいな感じです。

電池は18650タイプです。それを450本つなげます。「小型電池を並列にいっぱいにして使うの

はいかがなものか」というバッテリーの専門家もいらっしゃいますが、テスラモーター社の「ロードスター」という車もこれを6800本ほど使って走っています。それから、今、787型機でも問題になっていますが、バッテリーマネジメントシステムを装備しなくてはならないということで、安全を守るための回路も付けています。細かい話になりますが、リチウムイオン電池そのものの安全性というのも非常に大事で

パナソニック リチウムイオン電池

- ・ 高容量・軽量・安全性を兼ね備えたパナソニック製リチウムイオン電池
- ・ 学生が開発したバッテリー・マネジメント・システム(BMS)で状態を把握
- ・ ノートPCなどに使用されているNCR18650Aを450本=21kgを搭載
- ・ 15並列30直列にすることで、太陽電池出力の3時間45分に相当する5kWhのエネルギーを蓄える

TOKAI UNIVERSITY

す。パナソニックはプラスとマイナスの電極間にセパレーターという薄いシートが入っているのですが、温度が上がるとその部分の目が詰まって電流が止まるようになっています。こうした対策があるので安全性は高いです。

改めて、ライバルチームのソーラーカーを紹介しましょう。まず、オランダはデルフト工科大学のヌオン・ソーラー・チーム。ヌオンというのは、メインスポンサーのNuon社のことです。ここのチームの車体は、発電量のある程度考えて2次元曲げになっていて、「最もセクシーなソーラーカー」と言われています。ちなみに、私たちは「最もクールなソーラーカー」と言われています。ヌオンのチーム監督はウーボさんという方ですが、日本でいう毛利さんみたいな、元宇宙飛行士の方なんですね。いろいろなところからスポンサーを持ってくるのが実にうまくて、そこはちょっと負けちゃいますね。

Tokai University Solar Car Team

## 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: Quantum

- 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/>

**TOKAI UNIVERSITY**

黄色の車アメリカのミシガン大学です。このチームは100名以上という、ものすごい体制でレースに臨んできます。例えば、本戦に出場する車両以外にもう1台、全く同じ形のスペア車を用意してあって、どこかが壊れてもすぐそこから部品を外せば動かせるという、

まるでF1チーム並みの体制で、専用のサポートトレーラーもアメリカから持ってくるんです。トレーラーの中には、旋盤とか、フライスが装備されていて、さらにエアコンの付いた作戦司令室みたいなものまであるんですよ。すごいです。ただ、2011年の大会ではスパッツが破損してしまって、トップ争いから脱落しました。ちなみに、スパッツというのはわれわれの業界用語で、タイヤが回転する部分に空気が当たると空気が流れが乱れてしまうので、それをズボンのようなものでカバーしていて、それをスパッツと呼んでいます。そして、直線を走っている時はスプリングのようなものでこれを引っ張っているんですが、コーナーに入ってタイヤのステアリングを切ると、スパッツがぱかぱかと開きます。かなり細かい話になりますが、われわれ東海大学チームでは、低速で走って急カーブを切る時はリア

タイヤが逆相で切れるように、スパッツは細くつくっています。全輪操舵などを含め空気抵抗を増やさないよう、それぞれのチームで対策がなされている、ということです。

ちょっと変わったところではベルギーチームがあります。ユミコアという材料会社

Tokai University Solar Car Team

## 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/>

**TOKAI UNIVERSITY**

す。この会社は、トリプルジャンクション太陽電池のゲルマニウム基板を作っていることでも有名です。スポンサーが化合物太陽電池の材料メーカーということで、どうしても化合物太陽電池で出場しなければいけないんです。先ほど、太陽電池に関するレギュレーションが変更になったという話をしましたが、正確には化合物太陽電池は禁止になったわけではなくて、使用量が半分になったのです。化合物というのはガリウムヒ素のことですが、そのヒ素がよくないということで、2009年のレギュレーションでは6㎡使えたのが、2011年には3㎡しか使えなくなりました。でも、もともとの変換効率は化合物電池のほうが高いので、反射鏡をうまく使って集光を2倍にすれば、太陽電池の使用量が半分でもチャンスはなくはない。ですから、このチームでは反射鏡で発電を増やす作戦をとっています。横にミラーと太陽電池を並べて、角度だけ合わせれば多少斜めから当たっても集光できるという仕組みのもので、例えばパラボラのミラーで集熱器をつくって発電する設備と一緒に構造です。ただ、問題もあって、重くなったり、反射鏡の角度が微妙に変わって焦点が合わなくなったりします。それと、意外と難しいのがカバーです。紫外線はシリコン系ではあまり発電に使われないので捨ててもいいんですが、宇宙用で使う化合物電池の場合は紫外線のパワーを必要とするので、紫外線を通す透明なカバーが必要になります。といっても、ポリカーボネートは紫外線を通さないですし、石英では割れてしまう。テフロンだと紫外線を通しますし、透明なフィルム状のものもあるんですが、硬さを持たせるために厚くすると白濁してしまいます。また、カーボン、もしくはケブラーは、ハニカムコアというものを入れて厚くして硬さを出すことができますが、ハニカムコアには空気が入っていますから、断熱性が高くなってしまって、裏面から冷やすのがすごく難しいんです。このように、カバーに適したよい材料がなかなかない、というのが現状です。

赤い車体はオランダのトウェンテ大学のソーラーカーです。ちょっと変わっていて、フロント1輪、リア2輪の3輪です。コーナリングには弱そうに見えますが、不思議なことにサーキット走行で予選トップなんです。コーナリングスピードを含めて、この車が一番速かった、ということです。コーナリング性能について、私たちはフロント2輪のほうが高いと思っていたのですが、フロント1輪に見事に抜かれてしまいました。

これは、スタンフォード大学です。すでにお話したとおり、発電を優先した結果、屋根はほぼ平らになっています。非常に車体を薄くして

Tokai University Solar Car Team

## 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/

 TOKAI UNIVERSITY

いて、一見すると、空気抵抗が少なそうに見えますが、意外と空気抵抗は多いのではないかと思います。

それから、ユニバーシティ・オブ・ニュー・サウス・ウェールズという、地元オーストラリアのチームもあります。知る人ぞ知るマーティン・グリーン博士の率いるチームです。彼はシリコン

太陽電池で有名な方で、ここは彼がいる大学なのですが、バッテリーを外したピュアなソーラーカーとして 88.8km/h というギネス記録を持っています。

2011 年、日本からは芦屋大学と沖縄のチームが参加しました。芦屋大学さんは 4 位でした。チーム沖縄は、沖縄県立南部工業高等学校の生徒を中心に、長嶺中学校と琉球大学が縦つなぎになったチームです。ここは 13 位でしたね。日本にはソーラーカーの歴史があるので、日本チームは割と簡単に上位に入れます。ただ、やはり表彰台を狙うのはなかなか難しいです。

意外と知られてないですが、ソーラーカーが一番多いのは日本です。約 100 チームあって、現役では 80 チームぐらいが動いています。2 番目がたぶんアメリカだと思います。3 番目が少し意外に思われるかもしれませんがトルコです。トルコは国がソーラーカーレースをやっていて 40 チームぐらいあります。日本でいう文部科学省や環境省のような部署が大会を主催してしまっていて、それに出ないとお金を支援しない、というプレッシャーがあるのかもしれませんが。また、アメリカには「アメリカン・ソーラー・チャレンジ」というのがあって、現在は違っていますが、もともとは DOE (Department of Energy: エネルギー省) 主催のレースでした。海外では教育的に国がやっているケースがあるんですね。しかし、日本の場合は、民間が主催しています。例えば、大きいところでは鈴鹿大会は読売新聞社が主催していましたが、残念ながらスポンサーを下りてしまいました。ですから、体制的には日本は非常に弱いです。日本では、レースだというとやはり遊びだと思われがちですね。でも、ロボコンとか、鳥人間とか、エコランとか、学生は燃えますよね。日本のモノづくりはどんどん衰退していつてますから、こういった類のものはもう少し大事にして、みんなで応援してあげたほうがいい、と思っています。

Tokai University Solar Car Team

## 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

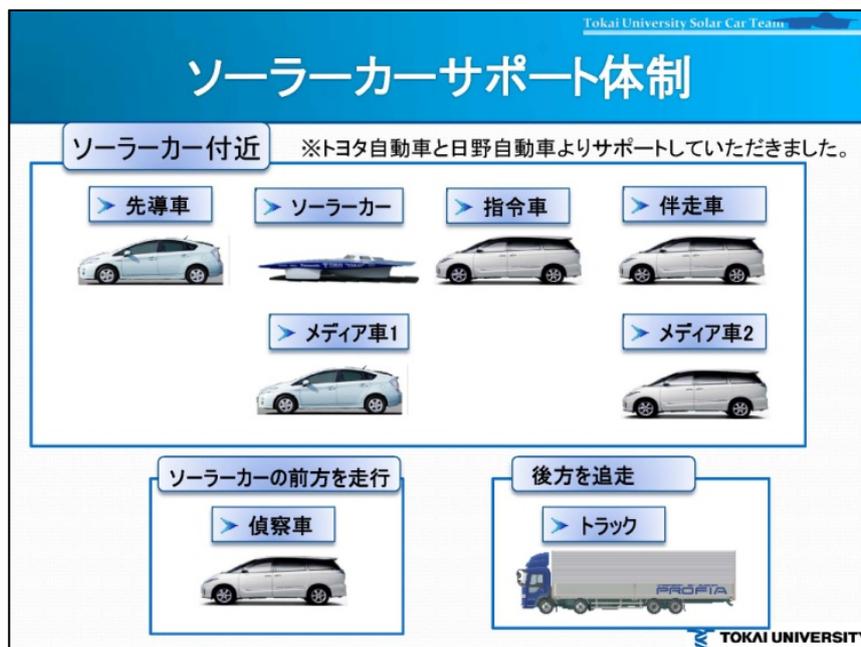
- 沖縄県立南部工業高等学校の生徒が中心のソーラーカーチーム
- 2年間の準備期間を経て、今年初参戦し、13位と健闘

TOKAI UNIVERSITY

## 東海大学チームのレース戦略——チーム体制とサポート体制

木村談:ソーラーカーのチーム体制は、このようになっています。たった1台のソーラーカーを動かすために、これだけの車が周りを走らなければいけません。この部分で「エコじゃないぞ!」とおっしゃる方が実は多いのですが(笑)、少しでもエコにするために、トヨタさんにハイブリッド車の提供をお願いするなどで、頑張っています。

まず、チームにおいて先導車と指令車は必須です。公道を走るの、前後をブロックして走らなければいけないというレギュレーションがあります。ちなみに、審判は指令車の助手席に乗って、ソーラーカーが不正な行為をしないかを常にチェックしています。次に、伴走車にはメカニックが乗っています。偵察車は前方担当です。1時間ぐらい前方を先行して走ります。それから、メディア車といって、ビデオカメラなどを持った部隊がいます。砂漠や片田舎でのレースなので、自分たちで収録しないといけません。もし誰もいないところで何かあっても、知ってもらわなければ何もなかったことと同じになってしまいますから、自分たちで記録を残すということが大事なのです。もう1台、メディア2というのは、後方を走って、半分偵察をやっています。2位や3位のチームに張りついて



映像を撮ったり、ライバルチームのスピードや、何が起きているのかを観察して報告する、という重要な任務を担っています。最後に、トラックですが、これは万が一、ソーラーカーが止まった場合に輸送する役目のほか、補修部品とキャンプ用品を積んで走っています。ちなみに、トラックのドライバーは代わりがありませんので、病気になると大変です。ですから、私は大型二種免許を持っています。本来、二種は必要ないんですが、大型のバスに学生を乗せる場合には二種免許が必要という学内ルールがありますので二種も取っておきました。もし何かの災害があつて被災地に行く時には、いつでも運転できるという状況です。

次に、ソーラーカーのドライバーですが、1日3人ほど代わります。これに対して、サポートカーの

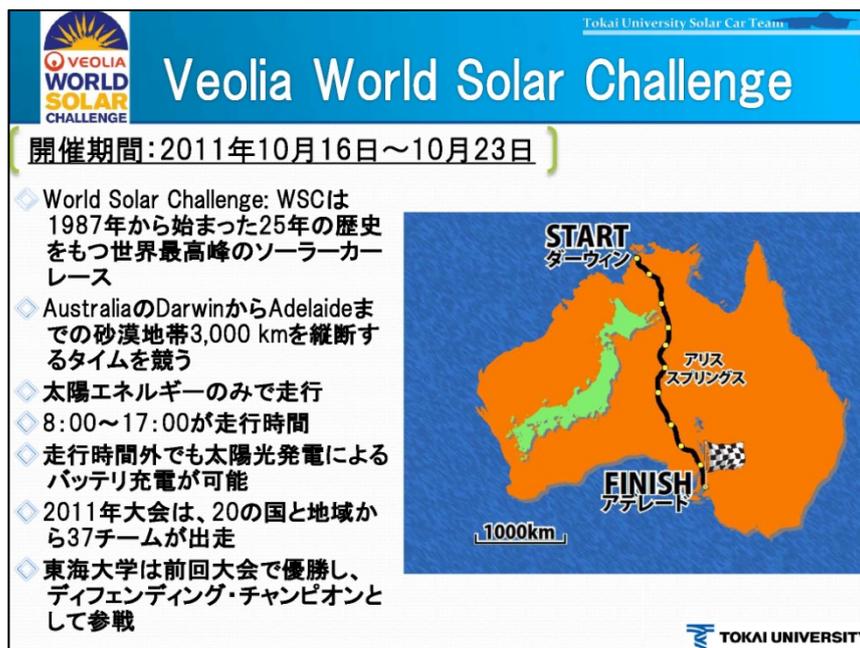
ドライバーは1日2人とか、場合によっては1人で頑張っています。また、ソーラーカーにPCは載せていません。簡易表示が出ますので、細かい計算はサポートカーが担当し、設定スピードなどの目標を指示して、ドライバーはそれに従って走ります。一応、ソーラーカーにも、他の車にも、無線は付いていますので、ドライバーも応答できますが、無線は遠くまで飛びませんし、携帯電話もほとんどが圏外です。ですから、生命線としてインマルサットやイリジウムなどの衛星通信機を使っています。

スピードの調整は、ドライバー自身がコントロールします。オートクルーズという、最適化されたアクセルパターンで走れるようにして、ドライバーがスロットルを操作しないチームもありますが、うちではドライバーにやらせています。自動操縦ではラジコンカーみたいになってしまって、何かあった時にドライバーが操作できないので危ないです。もちろん、トラブルがあった時にはドライバーが優先して操作できるようにすればいいかなとも思いましたが、やはりドライバーが乗っている以上はドライバーにやらせよう、という方針にしました。ちなみに、ドライバーの腕の良し悪しがレースに関係するかどうかですが、それはシチュエーションによります。サーキット走行はやっぱり腕がいらいます。しかし、オーストラリアみたいなどはまっすぐ走っているので、強い横風が吹かなければ、操作自体はオートマチック車とほとんど同じなので、誰でもできると思います。ですので、よい燃費で走る技量が大事になります。

2011年に行われたオーストラリア大会の様子をご紹介します。この大会は、ダーウィンからアデレードまで3000kmの区間で競います。これは北海道から沖縄までがすっぽり入る距離です。気候については「すごく暑いでしょう?」とよく聞かれますが、暑いのは途中までで、着いた頃には北海道と同じですから、むしろ寒いぐらいです。

これが本選のコースです。黄色い点は休憩地点で、ここでは必ず30分停止しなければといけません。休憩はだいたい300~400km間隔で、約3~4時間おきに1回です。その間にドライバーを交代して、サポートチームのメンバーもトイレに行って、サポートカーは給油して、広報班は携帯電話網を使って「YouTube」やウェブの更新をします。

レースはいち早くゴールに着くことを競います。走行できるのは、8時から17時までの9時



The poster for the Veolia World Solar Challenge 2011 features a blue header with the event title and Tokai University Solar Car Team logo. Below the header, it lists the dates (October 16-23, 2011) and provides key details about the race: it is a 25-year-old world-class solar car race from Darwin to Adelaide, Australia, covering 3,000 km of desert. The race is powered solely by solar energy, with a running time of 8:00-17:00. It notes that battery charging is possible outside running hours using solar power. The 2011 edition had 37 teams from 20 countries and regions. Tokai University is highlighted as the previous year's winner and defender.

**VEOLIA WORLD SOLAR CHALLENGE**  
Tokai University Solar Car Team

## 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
- ◆ AustraliaのDarwinからAdelaideまでの砂漠地帯3,000 kmを縦断するタイムを競う
- ◆ 太陽エネルギーのみで走行
- ◆ 8:00~17:00が走行時間
- ◆ 走行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、ディフェンディング・チャンピオンとして参戦



The map shows the race route across Australia, starting at Darwin and ending at Adelaide. A scale bar indicates 1000km. Key locations marked include Darwin (START), Alice Springs (アリス スプリングス), and Adelaide (FINISH).

TOKAI UNIVERSITY

間で、太陽エネルギーしか使ってはいけません。ただし、走行時間外でも太陽光発電によるバッテリー充電は可能です。ですから、日の出から8時までと、17時から日没まで充電はできます。エネルギー消費を抑えてマラソンのように一定の速度で走行しようとすると、日

中はピーク発電量より少し少なめに走って、朝と夕方の充電で貯めた分で午前中と午後の太陽光が弱いところを埋めて走る、という感じになります。平均すると速度はだいたい90km/hになります。例えば1日に8時間走った場合には、走行距離は720 kmに達します。そのぐらいの距離であれば、ソーラーカーも普通に1日で走ることができてしまいます。でも、ソーラーカーは大丈夫でも、人間はつらいです。大学側からの要請で、大学HPにアップするために、レース終了後、毎日レポートを書くのですが、720 kmも車に乗って、走りながらパソコン画面をいろいろと見ていたら、人間なんてもうそれだけでへとへとです(笑)。

レースの総日数はだいたい5日間です。われわれの場合、最短で4日で終わったことがあります。しかし、レースは観光局系の団体が主催していますので、大会側の思惑としてはなるべく長く走らせたいわけです。それは冗談としても、公道を走るレースでスピード違反になってはまずいので、ソーラーカーが速くなると、レギュレーションを変えてしまうんです。その意味では、ソーラーカーの技術をどんなに頑張って開発したとしても、レギュレーションがどんどん変更されてしまいますので、今のスピードより速くなることはないです。

それから、車検はコンベンションセンターみたいなところで行われます。車検員がたくさんいそうに見えますけど、実は一人だけで、あとのこのオレンジの軍団は、みんなライバルチームからの偵察隊です。一般の方々はフロアには入れなくて上からのぞき込むだけですが、参加チームはフロアに入ることができますので、近くで見ることができます。なお、ブレーキは車検が必要ですが、レース中は回生ブレーキがメインですので、機械式のブレーキを使うのは最後に止まる時ぐらいです。普段はほとんど使わないで走っています。また、車検終了後、ダーウィン市内では道を間違える可

オーストラリア Darwin  
Tokai University Solar Car Team

### 公式車検・公道テスト走行-(10/13)-



- ◆ 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

TOKAI UNIVERSITY

オーストラリア Darwin  
Tokai University Solar Car Team

### 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テストを実施
- ◆ 2分07秒7のタイムを記録し5位

TOKAI UNIVERSITY

能性があるので、事前にコースを下見します。それに、公道のルールに全部従って走行しますので、追越禁止かどうかやアップダウンなどはチェックしないといけません。ただ、今は便利な世の中になっていて、「Google Earth」で調べていくと道路標識や標高が全部出ますので、それに基づいて学生ががんばって地図を作成します。

ちなみに、オーストラリア大会の場合、ドライバーの体重はみんな 80kg です。日本大会だと、70kgとか、もっと軽いんですが、こうしないと体格のよいオーストラリア人が不利になりますので、いわばオーストラリアルールですね。もしドライバーの体重が 80kg に満たない場合にはおもりを積んで走らなくてはいけません。ですから、ボクシングと逆です。ボクシングは「減量、減量」とやって体重計に乗って、クリアすればその後は体重が増えてもいいわけですが、ソーラーカーでは計量時点で「飲んで、飲んで」と水を飲んで重くして、80kgを超えるようにしておいて、クリアしたら水分は排出してしまう。そうすると軽くなるので、若干有利になります。

予選はサーキットで行われます。ラップタイムが速いと、翌日のスタート順位が上がります。そして、翌日は 1 分間隔でスタートします。ちなみに、2011 年の予選タイムですが、2 分台

に各チームがぎゅーっと並びました。まず、トウェンテ大学とデルフト工科大学。オランダチームは予選が強いんです。それから、ミシガン大学、ニュー・サウス・ウェールズ大学、東海大学と続いて、その後はベルギーのユミコア、スタンフォード大学、芦屋大学、ドイツのボーフム大学、カナダのカルガ

Tokai University Solar Car Team					
Results of Preliminary					
Pos.	Car Name	Car No	Team Name	Country	Lap Time mm-ss
1	2iConnect	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

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一気にトップへ
- ◇ その後、Nuon Solar TeamとMichigan Solar Car Teamに抜かれ一時3位に後退。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。プ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8時に出走
- ◇ 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にプ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

リー大学、という感じで並びました。

レース本選は、ダーウィンの市街を朝スタートします。最初はフル充電でやります。スタートしたら、夜間はバッテリーを鍵のかかるケースに入れて、審判のところに置いておくのがルールです。なお、レース中の水分管理は難しいです。脱水症状をおこさないように一応水は持っているんですが、飲んでしまうとトイレに行きたくるのが怖いので、前半は我慢して、残りあと1時間ぐらい、「もう少しで着くかな」と思ったところで、安心して飲み始める感じです。サポートカーも同様です。でも、特に監督は大変なんです。指令塔は監督のほか、もう一人男性がいるんですが、指示を出すので、レース中はたくさんしゃべらなければいけません。そうすると、気候が乾燥しているので、口の中がどんどん乾いていきます。口に水を含ませたいんですが、トイレのことを考えるとそうもいかない。カラカラの状態ではばんばんしゃべっているうちに口内炎がたくさんできてきて、レース後半は痛くてしゃべれない、という状態になります。

この大会、初日は712km走ったんですが、2日目はちょっと困ったことが起こりました。警察の車が道路を封鎖しているので、どうしたことかと思ったら、ブッシュファイアーといって、「この先で火が発生しているから危ない」と止められてしまったんです。仕方ない

ので、いつ再開になるかわからないまま、止められた場所できたく待って、バッテリーを充電していたんですが、結局その日は走らせてくれず、13時8分でレースは中断、走行距離も389kmで止まりました。3日目にレースを再開したものの、ブッシュファイアーの火はまだ消えていなくて、煙

オーストラリア Wauchope-Kulgera近郊 Tokai University Solar Car Team  
**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、標高が高くなり、空気抵抗も小さいため、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

TOKAI UNIVERSITY

オーストラリア Kulgera近郊-Wmra近郊 Tokai University Solar Car Team  
**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が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取得し、天候予測に活用
- ◇ レース後半は天候悪化に備え、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

TOKAI UNIVERSITY

オーストラリア Wmra近郊-Adelaide Tokai University Solar Car Team  
**レースゴール Day 5-(10/20)-**



- ◇ 後方24kmにまで迫られた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分差のリード
- ◇ 13:07にアデレード郊外の計測地点にゴール
- ◇ その後、小雨が降る中、セレモニーゴール地点のピクトリアスクエアに到着
- ◇ 走行距離: 437km

TOKAI UNIVERSITY

## Tokai University Solar Car Team 2011 WSC Result



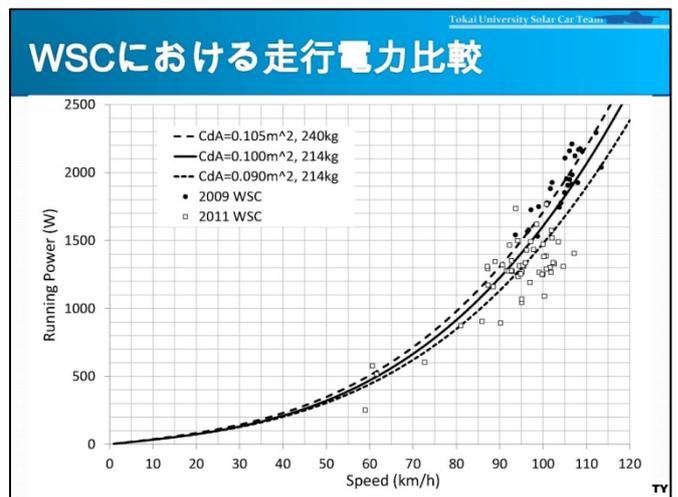
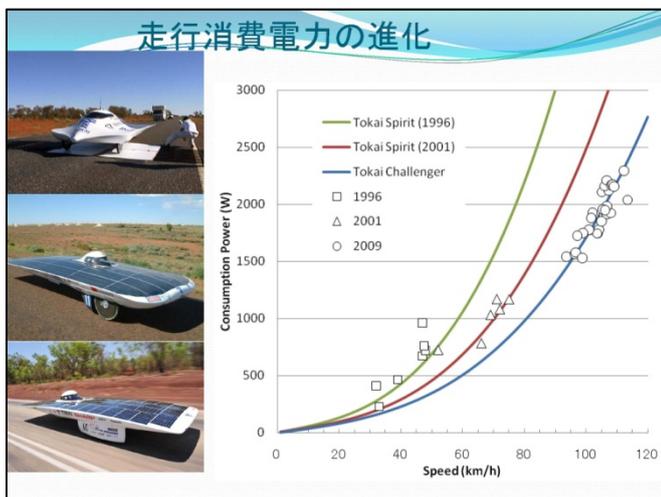
◆ 総走行距離: 2998km  
 ◆ 総走行時間: 32時間45分 **2連覇達成!!**  
 ◆ 平均速度: 91.54km/h

**TOKAI UNIVERSITY**

## Tokai University Solar Car Team Results and Records

Pos.	Car Name	Team Name	Total Event Time	Avg. Speed
1	Tokai Challenger	Tokai University	32 hrs 45 min	91.54km/h
2	Nuna6	Nuon Solar Team	33 hrs 50 min	88.60km/h
3	Qantum	University of Michigan	35 hrs 33min	84.33km/h
4	Ashiya Sky Ace V	Ashiya University	44 hrs 57min	66.70km/h
5	2iConnect	Solar Team Twente	45 hrs 4 min	66.53km/h
6	Sunswift IV	Sunswift UNSW Solar Team	48 hrs 38 min	61.65km/h
7	Aurora Evolution	Aurora	48 hrs 45min	61.50km/h

**TOKAI UNIVERSITY**



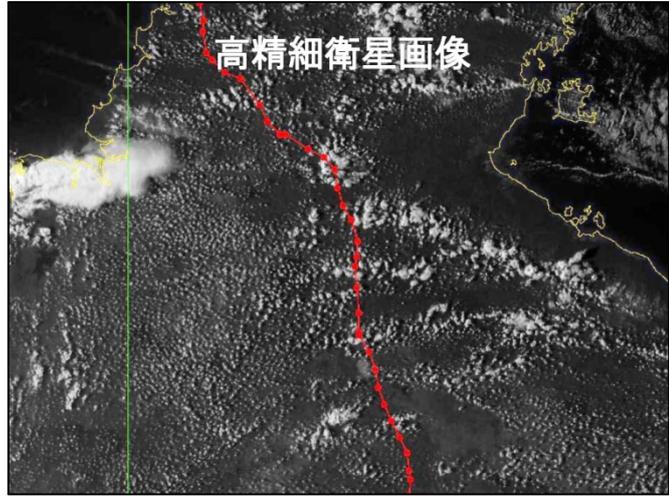
の中を走行しました。4 日目は追い風が吹いたので、調子に乗って 105 km/h ほど出て、走行距離は 736 km でした。

最終日は雨が降りましたが、それでも何とかバッテリーを温存して、そのままゴールして優勝することができました。ゴールといっても、アデレードの郊外、市街からは 23 km 離れたところがゴール地点で寂しいです。町中でレースをすると危ないので、一応記録は取って、郊外でゴールさせています。ここまでは 3021 km ありますが、計測記録は 2998 km で、それを 32 時間 45 分で走って、平均 91.54 km/h という記録になりました。

各チームの記録をみますと、結構差がつかしました。2 位のデルフト工科大学は 33 時間 50 分ですから、1 時間 5 分の差があります。距離にすると、3% の差です。それに、2 位以下は雨の影響でどんどん引っ張られて、完走できたのは 7 台です。3 位がミシガン大学、4 位が芦屋大学、5 位がトウエンテ大学、6 位がニュー・サウス・ウェールズ大学、7 位のオーロラというのはフォードなどの企業が臨時に立ち上げたオーストラリアのチームで、大学ではありません。結局、37 チームが出場しましたが、30 チームはリタイアしました。時間をかければゴールできたのでしょけれど、大会側もあま

りゆっくり走られても困るんですね。箱根駅伝みたいな感じでゲートが閉まってしまうので、そうなるともう強制的にトラックで「君たちはゴールしなさい」という指示が出て、記録も残りません。

このように振り返ってみますと、やはり消費電力が少なくて発電量が多い車がレースでは強いです。あとは、故障がないことも大きな強みです。走っているうちにトラブルで走行がストップしたり、発電が止まったりしますと、それ



で終わってしまいますので、トラブルをできるだけ出さない、ということが何より大事です。それから、空気抵抗を減らすことと軽量化も大事ですね。とはいえ、モータにしても効率を上げなければいけないわけですし、結局は総合力です。われわれは 0.1% 上げるために何ができるかを積み重ねていった結果、トータルで 3% 差がついた、というふうに考えています。

また、レース運びにおいて一番難しいのは、発電の予測と消費の予測です。例えば、収入と支出の予測が立てば、1日が終わった時にいくら財布に残っているかがわかりますが、レースでもこれと同じようなことをやらなければいけません。だいたい走るコースがわかっていますので、スピードを変えればどのくらい消費するかはわかります。ただ、困るのは、気象予測とか、その日の発電量がわからなくて、これが大変なのです。

この点で、東海大学には得意技があります。衛星画像を専門にやっている宇宙情報センターが熊本に、それから代々木には情報技術センターがありまして、われわれのために支援をしてくれて

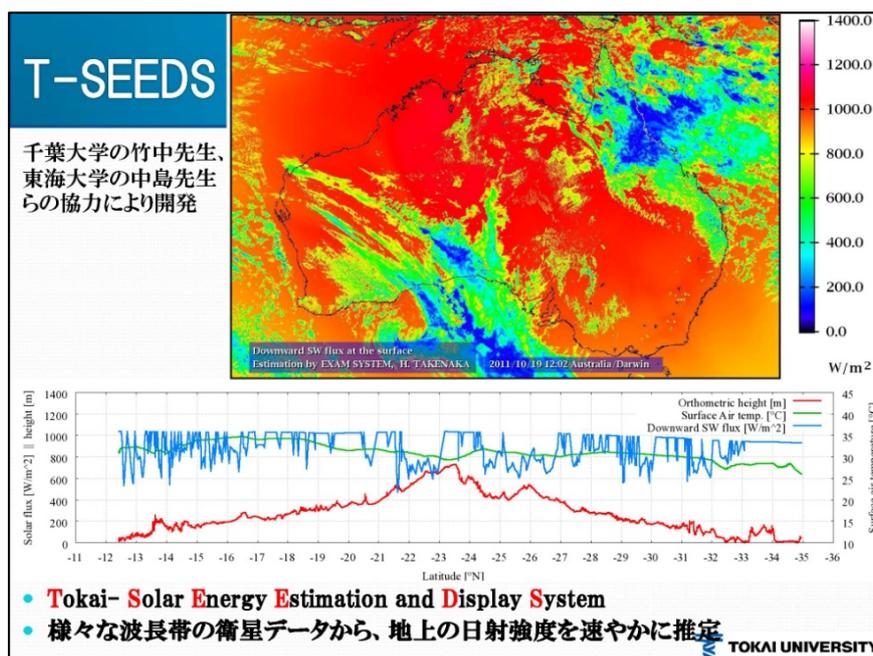
Tokai University Solar Car Team

## 衛星画像を用いたエネルギーマネジメント

ひまわり  
↓  
東海大学宇宙情報センター  
↓  
東海大学情報技術センター  
↓  
通信衛星  
インマルサット  
BGAN  
↓  
オーストラリア遠征隊

- 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

TOKAI UNIVERSITY



います。では、どんな支援をしてくれるかといいますと、ひまわりの信号を直接受信するんです。ひまわりの画像は普通3時間に1回ぐらいしか見られないと思いますが、実際には30分に1回撮影しているので、その30分毎の画像を、しかもオリジナルの解像度で見ることができるようになっています。これはあると心強いです。砂漠の真ん中でインターネットはできないので、「インマルサット BGAN」という、走っている車でも追尾できるアンテナを付けて衛星画像を受信するんですが、高精細モードというのがありまして、結構クリアに雲が見えます。ただし、雲がどのぐらいあるかというのも可視光だとわかりますが、可視光は昼間しか使えません。

そこで、千葉大学と東海大学との共同で作ってもらった「T-SEEDS」というシステムもあります。ひまわりは可視光以外に波長バントの異なる赤外線が4波長ほどありますので、それを全部使って解析します。そうすると、雲や氷の粒の大きさが推定できて、しかも光学的な厚みも推定できますので、その結果を用いて、ニューラルネットワークによる計算というのをやると、すごく大変な計算をしますが、地面にどれだけの日射量があるかが推定できる、というシステムです。さいわい、ダーウィンからアデレードまでの座標がわかっていますので、さらにわがままを言って現地の日射量を計算してもらって、全長3000kmのうち、どこで何W発電するかというのを、一度に見ることができるようになりました。これは大変に重要です。例えば、曇っている時には2通りの選択肢があります。つまり、もしこの先、晴れているのであれば、一気に晴れている場所まで抜けて行って、晴れているところでゆっくり走ったほうがエネルギーが多く入ります。でも、走っていても雲から抜けられないとすると、エネルギーがなくなってしまうから、ペースを落として天気の回復を待つしかないんですね。このように、相反する2つの選択肢に対して、どちらを採るかを決めなければならないわけですが、このシステムによって、あと何km走れば雲を抜けられるのかとか、或いは雲といっても何割ぐらい発電できる雲なのかとか、そうしたことを見分けることができますので、戦略が立てやすくなります。

ちなみに、このシステムは、もともとは発電予測のために作られたものだったんですが、ソーラーカー用に特別に応用してもらっています。ですから、最近、産業総合研究所も研究グループに入った、と聞いています。つまり、日本に設置されているメガソーラーについて、いつど

こで発電するかがわからないとスマートグリッドもわからないということで、そのためにこのシステムは有効なんですね。現在はリアルタイムでしか出ませんが、3時間先とかが読めるように開発が進められつつあります。

こちらは、南アフリカ大会です。南アフリカではキャンプというわけにはいきませんので、ステージ制になっていまして、1日で確実に行ける長さになっています。もし届かない場合には、走った距離が記録されて、次のポイントまでトラックで運ばなければならない、というルールです。このコースは雨も降りますし、山あり谷ありで、2000メートルのアップダウンがあります。また、コースの中には、ケープタウン近くに長いトンネルもあるので、一応ヘッドライトも装備しています。面白いのは料金所で、ここでは高速道路料金をしっかり1台分徴収されます。2012年、われわれは4632kmを71時間13分で走って優勝しましたが、かなりハードなレースで、われわれのほか、完走できたのはもう1チームだけでした。ちなみに、完走したもう1チームというのは篠塚建次郎さんのチームです。篠塚さ

Tokai University Solar Car Team

## Sasol Solar Challenge South Africa 2012

南アフリカ共和国にて開催される世界最長約5000kmの距離を誇るソーラーカーレース。2008年に第1回大会がはじまり、その後2年ごとに開催され、2012年は第3回大会となる。東海大学は第1回大会より参戦し、過去に**2連覇**を達成。

FIA（国際自動車連盟）公認の「代替エネルギーカップ・ソーラーカーラリー部門」に位置づけられた国際大会。

3カ国から14チームが参戦。オランダチームは直前にクラッシュして不参加。

11日間で10区間を走行（5日目はオフデー）8時から18時までが競技時間。総走行距離が最も長いソーラーカーが優勝。総走行距離が同じ場合は総走行時間が短い方が上位。



TOKAI UNIVERSITY

Tokai University Solar Car Team

## Day 1 & Day 2

**Day 1** 9/18  
Pretoria ~ Vryburg 429km 6h 47min

朝8時にプレトリアのCSIRをスタートし、巡航スピード90km/hを維持しながら走行。高速道路N14を走り抜け14時47分にフライバーグに到着。



**Day 2** 9/19  
Vryburg ~ Upington 389km 5h 28min

女性ドライバーの山田萌子(工学部機械工学科2年)がデビュー。初めてレースで、緊張した中での走行だったが、トップでフィニッシュラインに着きました。



TOKAI UNIVERSITY

Tokai University Solar Car Team

## Day 3 & Day 4

**Day 3** 9/20  
Upington ~ Spingbok 361km 5h 40min

361kmと前半では最も短いコース。路面状況も良好で巡航スピード100km/hで走行。



**Day 4** 9/21  
Spingbok ~ Cape Town 540km 7h 29min

前半戦の最終日にあたるDay4は、朝から雲に覆われ十分に発電ができない状況での走行となった。途中から雨や強い横風に襲われ、バッテリーもほぼ使い切るようなペースで走行。前半戦で最も過酷なコースであった。



TOKAI UNIVERSITY

Tokai University Solar Car Team

## Off day & Day 6

**Off day** 9/22  
Cape Town

長いレースであるため、前半戦と後半戦の間に1日だけオフデー(展示日)の設定。




**Day 6** 9/23  
Cape Town ~ Oudtshoorn 410km 7h 34min

雨天でのスタート。太陽光発電が得られない中で、上り坂を登ったあとでトンネルを抜けるハードなコース。昼には雨が止むものの曇り空であり、後半は60km/hの速度に落として走行。

TOKAI UNIVERSITY

Tokai University Solar Car Team

## Day 7 & Day 8

**Day 7** 9/24  
Oudtshoorn ~ East London  
658km 9h 56min

大会期間中で最も長い658kmの距離。朝は厚い雲に覆われ、発電もままならぬ状況でのスタート。ゴールは17時56分と競技終了時間ギリギリの走行となった。



**Day 8** 9/25  
East London ~ Bloemfontein  
556km 8h 27min

約2,000mの高低差がある山登りコース。天気は快晴となったが、前日のバッテリー消費が多く、比較的距離も長いことからソーラーカーには厳しいコースとなった。



TOKAI UNIVERSITY

Tokai University Solar Car Team

## Day 9 & Day 10

**Day 9** 9/26  
Bloemfontein ~ Pietermaritzburg  
568km 8h 21min

前日とは対称的な急な下り勾配が続くコースで、回生ブレーキを使用しながら制限速度を超えないように走行。途中には料金所もありソーラーカーも料金を支払い通過。



**Day 10** 9/27  
Pietermaritzburg ~ Secunda  
492km 8h 28min

コントロールストップ手前で、モーターがオーバーヒートするトラブルが発生。モーターを交換するなど20分間のストップとなった。



TOKAI UNIVERSITY

Tokai University Solar Car Team

## Day 11

**Day 11** 9/28  
Secunda ~ Pretoria 229km 3h 03min

大会最終日朝8時にSecundaを出発し、巡航スピード100kmを維持しながらゴール地点のPretoria CSIRに向かった。ゴール付近では多くの関係者やメディアを迎えられながら、11時03分にフィニッシュラインに到着しました。

**総走行距離 4,632km 総走行時間 71時間 13分**




TOKAI UNIVERSITY

Tokai University Solar Car Team

## Sasol Solar Challenge 2012

開催期間：2012年9月18日～9月28日

**総走行距離 4,632km  
総走行時間 71時間13分**



Days	Date	Distance (km)
Day 1 - Pretoria to Vryburg	9/18	429
Day 2 - Vryburg to Upington	9/19	389
Day 3 - Upington to Springbok	9/20	361
Day 4 - Springbok to Cape Town	9/21	540
Offday in Cape Town	9/22	
Day 6 - Cape Town to Oudtshoorn	9/23	410
Day 7 - Oudtshoorn to East London	9/24	658
Day 8 - East London to Bloemfontein	9/25	556
Day 9 - Bloemfontein to Pietermaritzburg	9/26	568
Day 10 - Pietermaritzburg to Secunda	9/27	492
Day 11 - Secunda to Pretoria	9/28	229

TOKAI UNIVERSITY

Tokai University Solar Car Team

## Results of Top 4 Teams

Pos.	Team Name	Car Name	Running Distance	Running Time	Solar Brand	Battery Brand
1	Tokai University Solar Car Team	Tokai Challenger	4,632.0km	71:13	Panasonic	Panasonic
2	Shinozuka Solar Car Team	Shino 1	4,632.0km	89:55	TOSHIBA	IBRIDA CELL
3	University of Kwazulu Natal	Apalis	1,930.9km	99:50	Gochermann (SunPower)	Panasonic
4	North West University	NWU1	1,087.2km	90:47	Unknown	Unknown

1位と2位は18h 42minの大差  
→距離換算では960km相当 (東海大がフィニッシュした時点で960km後方)

TOKAI UNIVERSITY

んは東海大学の卒業生です。三菱自動車のパジェロで、パリ・ダカール・ラリーで日本人初の優勝を果たした人です。実は、2008年から2011年までは東海大学チームのドライバーをやっていました。ところが、「自分たちのチームを立ち上げたい」ということで、東芝がメインスポンサーになって、別チームとして今は参戦しています。ですから、「東芝に負けるな」と、パナソニックがスポンサーのわれわれが頑張った結果、18時間42分の大差をつけることができた、というわけです(笑)。

レースは隔年開催ですので、今年はオーストラリアの大会になりますが、出場チームは40以上になりそうです。そして、今年からまた新ルールで、だいぶ変わってきます。例えば、車体については4.5m以内の長さということで、全長が0.5m短くなります。それから、タイヤも3輪だったのが4輪になりました。また、ドライバー用に広いコックピットが必要になりました。おそらく、大会としては、より実際の自動車に近いものになるようイメージしたのかもしれませんが、これはレギュレーションをよほどうまく書かないとそうはなりません。われわれが一応検討してみたところ、大会側がまったく期待していないようなタイプの車体まで候補にあがっています(笑)。とにかく、2013年からレギュレーションが変わりますので、現在はありとあらゆるものを考えているところです。

今日はたくさんのお時間をいただきましたけれど、私の話は以上です。ありがとうございました。

## 2013年のレギュレーション変更

2013年大会は、2011年から大きくレギュレーションが変更



2011	2013
3輪以上	4輪
全長5m以内	全長4.5m以内
狭めのコックピットを許容	広いコックピット&広い視界
1.5m×0.3mのスペースに チーム情報設置を推奨	1.5m×0.3mのスペースに チーム情報設置義務化



## 2013年のレギュレーション変更

2011 Tokai Challenger



レギュレーション変更後



車体の全長      タイヤ

5m以内      3輪



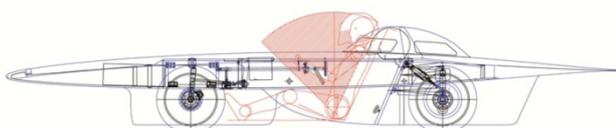
4.5m以内      4輪



## 2013年のレギュレーション変更

コックピット・視界

2013年のレギュレーションでは、赤い斜線部分で示したコックピット空間を確保しなくてはならない



さらに、従来よりも広い視界を確保する必要がある



## 2013年のレギュレーション変更

チーム情報の提示義務化

ソーラーカーの前縁付近に1.5m×0.3mのスペースを確保し、チーム名、ソーラーカーの名前、出場国名を表示しなければならない

ソーラーカーをより実用的な車とするため、ドイツのBochum大学のBoCruiserやSolarWorld GT、オーストラリアのAuroa Solarisなどの登場に影響され、これらの新レギュレーションに変更されたと考えられる



本講演録の著作権は、ご講演者もしくは一橋大学イノベーション研究センターに帰属しています。本講演録に含まれる情報を、個人利用の範囲を超えて転載、もしくはコピーを行う場合には、一橋大学イノベーション研究センターによる事前の承諾が必要となりますので、以下までご連絡ください。

【magicc プロジェクト事務局】 藤井由紀子  
一橋大学 イノベーション研究センター内  
〒186-8603 東京都国立市中 2-1