

「工学院大学ソーラーカー世界大会への挑戦」

日時：2020 年 2 月 22 日 (土) 14:00~16:50

会場：品川区立総合区民会館「きゅりあん」5 F 第 4 講習室

参加者：25 人

講演者：工学院大学 工学部機械システム工学科 教授 濱根 洋人 氏

【講演概要】

工学院大学のソーラーカーチームが、昨年秋にオーストラリアで開催された世界最大のソーラーカーレース “2019 Bridgestone World Solar Challenge (BWSC)” に新車輻 “Eagle” を擁して参戦、様々なトラブルに見舞われながらも完走し、スピードを競う「チャレンジャークラス」で 5 位に入賞、日本チーム初の「テクニカルイノベーションアワード」を受賞した。本講演は BWSC の概要や学内から横断的に加わった学生たちが主体的に開発した新車輻のコンセプトづくりや設計の流れ、車輻の全体像や特長などの技術面だけでなく、学生たちによる主体的なチームづくり、レース中の臨機応変な対応などの苦労話など、多岐にわたる極めて深く有意義なお話を伺いました。

1. BWSC の概要

隔年開催の BWSC は、オーストラリア北部のダーウィンから南部のアデレードまでの砂漠地帯の公道 3,022 km を約 5 日間かけて縦断する過酷なものである。競技用ソーラーカーには、多数の電気自動車に関する要素技術が搭載されている。世界的に電気自動車へのシフトが進む自動車業界は歴史的な転換期にあり、欧米諸国は BWSC に学生の電気自動車分野への人材育成を求めており、昨年は過去最多の 24 カ国から 45 チームが参加した。

BWSC の「風雲児」と呼ばれる工学院大学チームは、学内の全学部全学科から加わった学生たちが新車輻のコンセプトから、設計、製造だけでなく、チーム運営やレース中のマネジメントなど多方面の役割を主体的に分担して取り組み、新車輻 “Eagle” をつくりあげた。今回のレース中には、竜巻に巻き込まれ、車体が飛ばされ離脱の危機に瀕したが、修理を徹夜で完成させ、全員 “Never give up” の精神で一致協力して全行程を完走させることができた。

2. 新車輻 “Eagle” のコンセプトと設計の流れ

大会ルールは技術の進化や環境ニーズの変化を踏まえて見直されている。そのような各種制限のある中、車輻コンセプトの設定から設計に際しては、現地の特徴やレギュレーションを熟考し、長短となる項目を抽出・列挙から開始した。レースの特徴に関する項目としては、パネル角度や搭乗位置、タイヤ周りの空力改善や操舵方式、ドライバーの作業操作性、横風対応、気温上昇対応などの検討を、レギュレーション対応項目としては、パネル素材の種類により制限サイズが異なることから、面積で空力性能や影の影響を見積もり、具体的に何 W が低燃費になるかをはじめ、ドライバー搭乗空間の制限に関してはモックアップや検査用治具の作成による検討、視界（後方を含む）などの制約については 3D モデルで車輻モデルを検査する治具を CAD 化して設計に役立てた。さらに、目標とする消費電力、発電能力、重量、コスト、日程、人員などについても、チーム全員が全体像を把握したうえで、共通 CAD 化データ情報をチー

ム全体で共有、議論しながら車輻デザインを考案した。上述した議論をもとに、新車輻に搭載する機能や特長に基づき、各項目を数値化し、項目間のトレードオフの解消、資金や日程、メンバーの力量などを考慮し、総合的な見地からユニークな車輻の仕様を導き出した。

太陽電池はモスアイ構造品で発電効率が36%と最高レベルのもので、設置価格は3~4千万円もした。また、車体には開繊糸織物（炭素繊維）（重さ60g/m²、通常200g/m²）を用いるなど、最高の材料を多くの支援企業からの協力を得て入手し、最高時速130km/hの新車輻を作り上げた。

3. 車輻の全体像

3.1 レイアウトデザイン

コンセプトやボデー形状は最初から決定せず、希望する性能や要求を足し算・引き算し、個々の要素で性能のトレードオフを見ながら総合的な性能が出せるように設計した。ドライバーの搭乗位置は車輻先端とし、太陽電池パネルはキャノピー後方になるべくフラットに、レース中は太陽光がなるべく面直に当たるよう北方向へ若干傾斜を下げて貼付け、発電効率が最優先になるようにした。また、コントロールポイントではドライバーが一人で乗降しパネルの傾斜をセットするルールに対応して、ノーズは簡単に乗降できメンテナンスが容易で空力性能を向上させるように段差の無い構造とし、パネル面は太陽の方向へ開閉調整できる両側開閉機構とした。さらに直進中心の公道レースを考慮して、タイヤ開口部を小さくし、タイヤは空気抵抗改善のため、4WSに対応した配置とした。

3.2 ボデーと足回りの構成

モノコックは車体がクラッシュしてもドライバーを保護するため、フロント足回りスペースを確保しつつ形状剛性を高めるなど、車体剛性とドライバビリティを向上させた。また、ロールバーをモノコックに一体成型し、タワーバーとアーム回転部を共通部品化するなどして、部品点数を減らし、軽量化と製作期間の短縮を実現させた。金属部品はCFRP化やアームをH型構造にするなどして剛性を確保した。

4. 非線形ばねを用いた Neumatic Controlled Hybrid Suspensionの開発

4.1 サスペンション制御

車体ロール制御をノンロールにして車輻の横転リスクを低減させ、ステア操作の応答遅れやロードトレイン通過時のステア切り替えしの振れを抑制させた。また、車体ピッチ制御をノンピッチにして車体傾斜を抑制し、空力性能向上や総合的な燃費低減を実現させた。

4.2 車高調整・エアタンク・突き上げ防止シリンダ

車高は運転席スイッチでエアタンクからのエアの流入と掃出しにより調整するが、「とぐろ巻きチューブ」によるエアボリューム調整式エアタンクを設置し、圧力余裕を生むことで、車高調整の最大動作点でもサスペンションが正常に動作するようにした。

走行中に突然の強い横風に遭遇した場合、1つのタイヤが強い突き上げを受け、車体が不安定になることが懸念されたため、一方のタイヤに大きな力が加わっても、前後輪が同期して動作するようにフロントとリアのシリンダの間に「突き上げ防止シリンダ」を設置した。サスペンション全体の減衰調整は、リアシリンダのスピードコントローラによるエアの流出量の調整でドライバーの好みにでき、走行シチュエーションに応じた空力性能向上と車体破損を防ぐようにした。

4.3 直列接続による非線形ばね

フロントとリアのシリンダに異なる2つのばねを直列接続した非線形ばねを実装し衝突のエネルギー吸収

量を向上させた。この非線形ばねの挿入によりシリンダの小型化・軽量化が実現でき、強弱の違うばねによるバウンド・リバウンドで異なる応答速度にすることで、キャトルグリッドの急な段差などでもタイヤが常に路面に接地する状況が確保でき、車両安定性の収束速度が向上できた。

5. 4WS(4輪操舵)と車輪同期によるヨット走行機能

4WSは、車体の小型化やタイヤ開口部縮小による空力性能の向上を目的として採用した。4WSシステムは、Frステアリング搭載シリンダと後輪を操舵させるRrシリンダ、センター位置の調整・復原力を担うセンタリングシリンダの3つの油圧回路で構成され、Frシリンダに荷重がかかるとセンタリングシリンダとRrシリンダが動作する。センタリングシリンダに内蔵したスプリングのセット長を調整することで3つのシリンダの初期位置を調整することができ、この調整で4WSが同期する転舵角となり、ヨット走行機能が実現する。ヨット走行機能の実装により、横風を推進力にかえ、低燃費につなげる。

操舵ユニットは、通常はステアリングホイールを直線運動に変えるラックピニオンギアで前輪のみが転舵するが、ある転舵角以上にステアリングを切るとストッパーにシリンダロッドが当たり、シリンダが動作しはじめて4WSが駆動する仕組みになっている。4WSは直線道路での高速走行時は安全性のため動作しないが、低速時に最小回転範囲に近い小さなRを曲がるときにのみ作動する。車検時の8の字走行や本線レースでのアリスプリングスなどのコントロールポイントで急に曲がらなければならない場所のみで作動するこの機能は車検対応に特化して本選の直線中心コースで有利にするために設けられた。また、後輪の転舵はRrシリンダによりリンク動作の稼働範囲を制限しており、転舵角はシリンダのストローク量の制限により調整できる。

6. GaAsトリプルジャンクション

太陽電池セルは2mm重ねてボデー表面積を小さくした。モジュールはボデー末端からわずか0.5mm～1mmの余裕しかなく、GaAsは並列接続が多くなるため、理想ダイオードを基板から製作してブロッキングダイオードを挿入した。

【感想】

濱根先生のお話は、チームビルディングやマネジメントの組織運営論から、ソーラーカーの技術論にいたる多岐にわたり、いずれも将来を見据えた専門的で深い内容まで踏み込んだ実学そのものでした。寝食をともにして切磋琢磨したチームメンバーの卒業後は、レーサーはもとより、関連する研究開発や製造などの理工系だけでなく、いわゆる文系などの幅広い多様な分野に進んでいるとのこと、チームでの貴重な体験はどのような分野に進もうとも、必ずや将来に活用できるものと確信します。貴重なお話を賜りました濱根先生とチームメンバーの益々のご活躍とご発展を心よりお祈り申し上げます。

【報告者：太田 哲夫】