

和歌山大学学生自主創造支援部門（クリエ） クリエプロジェクト  
＜2023 年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：和歌山大学ソーラーカープロジェクト

ミッション名：ソーラーカー公道環境下における走行シミュレート(エネルギーマネジメント)手法の確立

ミッションメンバー：システム工学部 2 年前田千歩, システム工学部 4 年溝口智規,  
システム工学部 3 年大崎香奈, システム工学部 2 年中植日陽

キーワード：EV データ転移 走行シミュレート テレメトリ BWSC

## 1. 背景と目的

当プロジェクトはソーラーカーレースの世界大会「Bridgestone World Solar Challenge(以下 BWSC)」2023 年度大会においてレースの完走を目標に活動してきた。BWSC は五日間でオーストラリアの公道を約 3000km 走り切る過酷なレースであるため、緻密なレース戦略や車体状態のリアルタイムモニタリングが完走の最低条件になる。そのため当 PJ では数年前からテレメトリシステムの開発・実装によるモニタリング能力の向上に取り組んできた。しかし、テレメトリシステムを十全に活用するためには、レース中のデータと比較するための試験データや、レース中の車体状態の評価基準となる走行計画の立案、そのためのエネルギーマネジメントのシミュレーションなどが不可欠となる。本ミッションではそういったエネルギーマネジメント全体の手法を構築することを目的とし、本手法の実装・運用・評価・改善までを実施した。

## 2. 活動内容

### 2.1 テレメトリシステムの車体実装

本大会に向けて設計したテレメトリシステムの概要は以下の通りである(図 1)。今回は本大会で提出を義務付けられている走行距離・ソーラーパネル累積エネルギー・バッテリー累積エネルギーに加え、バッテリーボックス内温度とモーター電流を取得、後方伴走車に無線通信で送信する。システム基板は太洋テクノレックス株式会社様のご協力のもと作成した(図 2)。結果、パネルの発電総量・積算消費電力・バッテリーボックス内温度の取得に成功した。また、大会と同様に車列を組み、和歌山市内にて行った通信実験でも正常に通信することができた。

しかし、走行速度はノイズによって正確に計測できず、モーターからの電流値は回生による逆方向きの電流を負の値として表示できなかった。これらの不具合修正を試みたが、車体製作の遅れもあって十分なリソースが割けず解決には至らなかった。また製作中に ZP と呼ばれる既存のテレメトリシステム(オメガ電子製)でも最低限レギュレーションに対応可能であることが判明し、車体実装も進んでいたものの本大会における内製テレメトリシステムの採用は見送りになった。

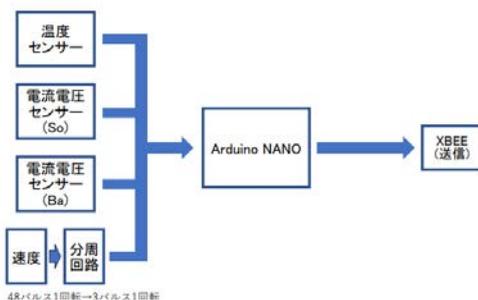


図 1 テレメトリシステムブロック図



図 2 テレメトリシステム基板

## 2.2 実測データ表の作成



図3 白浜試走風景

図4 実測データ表概観

wadal													
日	志	着	区間距離	合計距離	day 合計	CS即時時間	出	着	km/h	時間	経過時刻	close time 予定	
10月22日	1日	Darwin	ADL River	113	113								
		ADL River	Pine CK	114	227		4:55	10:00	11:45	65	1:44	11:44	
		Pine CK	Katherine	90	317			11:45	13:30	65	1:45	13:30	
								13:30	14:55	65	1:23	14:53	日 17:00
10月23日	2日	Katherine	Mataranka	104	421		1:35	14:55	16:05	65	0:30	16:25	
								16:05	17:00	65	1:38	17:01	
		Mataranka	Larrimah	75	496			8:00	9:10	65	1:09	9:09	
		Larrimah	Daly Water	87	583		3:15	9:10	10:30	65	1:20	10:30	
		Daly Water	Bathurst	48	631			10:30	11:15	65	0:44	11:14	
								11:15	12:00	65	0:30	11:45	
		Dumpton	New castle WT	77	708			11:45	12:55	65	1:11	12:56	
		New castle WT	Elliot	25	733		5:15	12:55	13:20	65	0:23	13:18	
		Elliot	Romer Springs	91	824			13:20	14:45	65	1:24	14:44	
		Romer Springs	既一丁途中	145	969			14:45	17:00	65	2:13	16:58	

図5 実測データ表左側拡大図

データを組み合わせて作成した実測データ表を示す(図4・5)。入力した速度や時刻を基に消費電力やチェックポイントへの到着予想時刻など十項目以上のシミュレーションに成功した。当日通過予定のチェックポイントや到着・出発時刻・走行速度などが時系列順に表示でき、行程表としてそのまま使用できる。

## 2.3 本手法の運用・評価

2023年10月22~29日に開催されたBWSC2023本戦において本手法での車体の運用を行った。(図6・7)実測データ表を用いて事前に走行計画を作成し、車体から常時送られてくる実測値を照らし合わせながら状況に合わせて計画を修正、車体を運用する。

本プロジェクトはスタート地点のダーウィンから三日間で987km走行し、クローズタイムから2時間半遅れでテナントクリークに到着、リタイアとなった。完走に至らなかった直接的な原因は主に以下の三点である。まず一つ目はソーラーパネルの発電不良だ。走行一・二日目におけるパネル発電量の時刻ごとの推移を以下に示す(図8)。二日目とも想定を下回る発電量となり、特に一日目は顕著である。帰国後にもこの問題は確認されており、現在原因究明中である。予想される原因としてMPPTの故障や熱による不具合、パネルのはんだ不良などが挙げられる。

本ミッションでは、走行シミュレータとして「実測データ表」を採用した。実測データ表とはマシンに関する実測データを蓄積したもので、走行速度ごとの消費電力量やパネルの発電量、バッテリーの放電特性などが含まれる。従来の定式やアルゴリズムを用いた一般的なシミュレータと比べて作成が容易で、実用性も高くなると予想されるため、今大会でのエネマネに活用することにした。また、今回は試験場でのデータが公道にも応用できると仮定して、オーストラリアの環境変数に加え日本国内で計測した走行データを組み合わせることで、レース走行データとの誤差やその原因、エネマネへの影響などを総合的に検証する。

2023年7月22日・23日に白浜空港旧滑走路にて新車体「Orca」の試走を行い、巡航速度ごとの消費電力やパネルの発電量の計測を行った(図3)。また、オーストラリアの日射量、日の出・日没時刻、勾配情報といった環境データ以上のデータ

二つ目は序盤の坂道における想像以上の消費である。発電量を上回る消費でバッテリー電力を消費し、その後の走行に影響が出た。走行モードの選択ミスが原因の一つとして挙げられるが、序盤の運用の見直しも必要だろう。三つ目は足回りの破損である。一日目に右側前方の A アームが折れ、その後もサスペンション固定部の食い込みやカーボンの剥離など想定外の破損が起これ、走行自体が困難になった背景がある。このように車体の不具合の影響が大きかったが、二日目にバッテリーの残量が危険域に達したり三日目に ZP の不具合が発生したりするなどマネジメントシステムとしての欠陥も確認された。



図 6 BWSC 本戦にて走行する Orca



図 7 後方伴走車内部(右下: エネマネ担当)

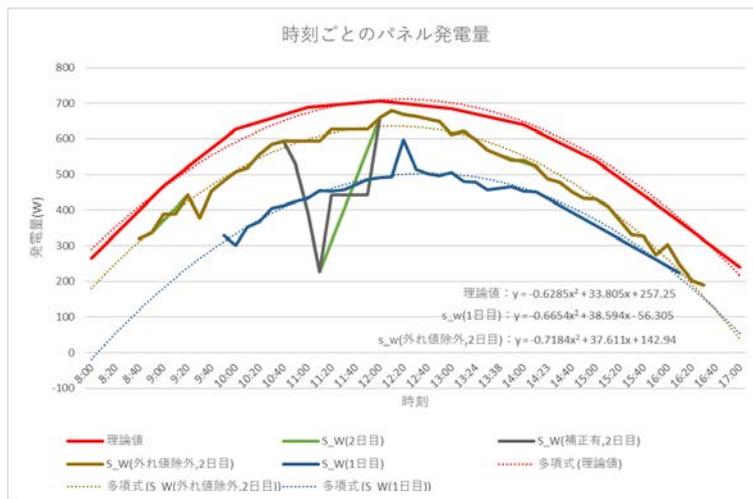


図 8 大会中のソーラーパネル発電量グラフ

## 2.4 本手法の改善

本プロジェクトでは大会後に実測データ表の改良を行った。自動計算できる範囲の拡大や、コントロールストップでの待機時間・弱電機器の消費電力を考慮した算出が可能になった。またバッテリー残量・走行速度が可視化され、入力エリアも整理されるなど視認性も向上している。

日付	出発地点	到着地点	出発時刻	到着時刻	移動速度 (km/h)	走行距離			総消費電力 (Wh)	モータ 消費	弱電 消費	総消費電力 (Wh)	バッテリー 残量(Wh)	バッテリー 残量(%)		
						計測距離 (km)	移動距離 (km)	累積移動距離 (km)								
2023年10月22日	Darwin	Adh. River	10:09:00	12:02:44	65	133	133	133	1,458	1,277	35	185	1,194	4,715	65.8%	
	Adh. River	Pine CK	12:02:44	13:48:00	65	114	114	247	1,315	1,084	35	195	1,099	4,519	69.8%	
	Pine CK	Katherine	13:48:00	15:11:05	65	90	90	337	1,085	864	35	185	781	4,235	69.2%	
	Katherine	Mataranka	15:11:05	16:47:05	65	104	164	441	1,257	996	35	221	567	3,644	71.0%	
	Mataranka	Larimah	16:47:05	17:00:00	65	73	14	455	393	134	35	221	70	3,323	65.6%	
	強制停止			17:00:00	8:00:00	0	0	0	455	36	0	36	0	800	4,029	65.3%
	Mataranka	Larimah	8:00:00	8:58:18	65	67	41	516	842	588	35	221	771	2,441	61.4%	
	Larimah	Daly Water	8:58:18	10:16:37	65	87	87	603	1,054	835	35	221	582	2,549	61.3%	
	Daly Water	Dumarna	10:16:37	11:00:55	65	48	48	651	720	481	35	221	419	2,639	62.7%	
	Dumarna	New castle WT	11:00:55	12:12:00	65	77	77	728	998	739	35	221	740	2,363	47.1%	
2023年10月23日	New castle WT	Eilat	12:12:00	12:35:05	65	25	25	753	499	240	35	221	242	2,124	42.9%	
	Eilat	Warner Springs	12:35:05	13:58:05	65	93	93	844	1,135	814	35	221	804	1,865	36.7%	
	Warner Springs	Tennant CK	13:58:05	16:25:51	65	159	159	1,003	1,785	1,526	35	221	1,508	1,277	25.3%	
	Tennant CK	Wauchope	16:25:51	17:00:00	65	116	37	1,040	614	355	35	221	199	849	17.0%	
	強制停止			17:00:00	8:00:00	0	0	0	1,040	26	0	26	0	800	1,426	32.1%
	Tennant CK	Wauchope	8:00:00	9:19:00	65	79	79	1,119	974	760	35	221	306	1,675	20.5%	
	Wauchope	Barrow CK	9:19:00	11:08:00	65	109	109	1,228	1,275	964	35	221	976	778	14.5%	
	Barrow CK	Ti Tree	11:08:00	12:57:00	65	69	69	1,317	1,548	789	35	221	971	608	12.0%	
	Ti Tree	Aberon	12:57:00	14:03:00	65	86	86	1,403	1,022	763	35	221	882	468	9.3%	

図 8 実測データ表改良版

### 3. 活動の成果や学んだこと

今回の活動によって得られた成果は主に二つある。一つ目は数日間にわたるレースでのエネルギーマネジメントを経験できたという点だ。本プロジェクト初の海外の公道という条件下で走行できたことは、国内レース中心に活動してきた我々の活動の幅を大きく広げたといえる。

二つ目はテレメトリ製作に関する造詣が深まった点である。先代から引き継いだ設計を発展させられたことは勿論、基板の作成や配線の取り回しといった車体実装のノウハウも獲得することができた。データの取得や通信にも成功しており、今後のテレメトリシステム実装の指針となるだろう。

### 4. 今後の展開

今回実装には踏み切れなかったが、引き続き内製テレメトリシステムの開発も行っていきたいと考えている。既存システムは信頼性が高くレギュレーションで必要な基本データは取得できるものの、拡張性がないという課題がある。実際、走行速度が常に表示されない、モニターが見つらいなどの問題が報告されていた。その点内製テレメトリシステムは取得するデータもその加工・表示も自由に行える。走行速度の常時表示をはじめ、モニターサイズ・表示レイアウトの変更を行ってドライバーにより配慮した表示にすることも可能である。また、BMSからのデータをテレメトリに組み込むことによってバッテリー各セルの電圧データ送信や警告音を鳴らすといったことにも挑戦していきたい。

実測データ表についても、実際の走行データや車体の不具合などを参照して十分に検証し、より正確なシミュレータに改善していきたいと考えている。必要な機能の追加やUIの改善も順次行う予定だ。また、固定値を変更して国内レースや現在設計中の新車体に適応したシミュレータの作成も可能である。さらに今回データの不足で導入を見送った機械学習に関しても、現車体での試走や国内大会の出場で収集した走行データを追加したデータバンクで導入できないか検討中である。

### 5. まとめ

本ミッションでは、公道環境下におけるソーラーカーのエネマネ手法を提案し、BWSC2023において必要システムの実装や手法の運用を行った。結果はリタイアとなったがプロジェクト史上最長の987km走行を達成した。今後はテレメトリの開発や実測データ表の改良を行い、本手法を改善していきたい。

### 6. 発表実績

「2023年度活動成果報告、2024年度活動計画報告」協賛企業向け活動報告会（2024.1.25）