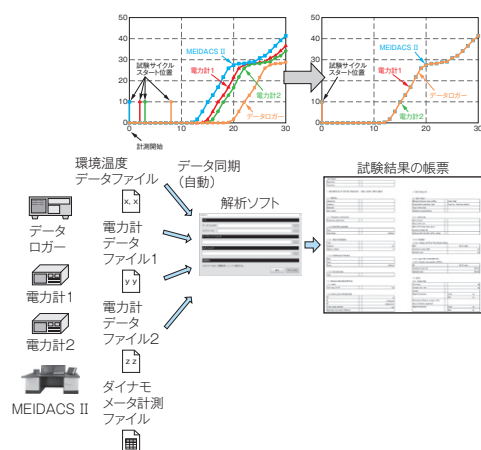


# 試験プロセスを効率化したWLTP におけるデータ解析の取り組み

渡邊健二 Kenji Watanabe  
高橋利道 Toshimichi Takahashi

キーワード WLTP, データ解析, 効率化

## 概要



解析ソフトを利用したデータ処理フロー

(一財)日本自動車研究所 (JARI) の運用プロセスに沿ったWLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures) 試験に対応したデータ解析ソフトを製作した。操作計測システム<sup>メダックス</sup>のMEIDACSや各種計測器による測定データの時間同期, サイクルやフェーズごとのデータ抽出, 各試験法に従った演算を行い, 純電気自動車 (PEV)・ハイブリッド自動車 (HEV)・燃料電池自動車 (FCV) など様々な試験法に対応した。また, 最終的にデータを整理する帳票は, お客様の所定フォーマットで出力できるようにした。

従来, 表計算ソフトを使用し手作業で行っていた解析処理は, スクリプトベースのソフトとして自動化を実現し, 総合的な作業時間や処理時間を短縮した。将来の規格改定などの拡張性を考慮し, 追加や編集などお客様でメンテナンスができるようにした。

## 1 まえがき

(一財)日本自動車研究所 (JARI) は, 世界の自動車技術をリードする中立的・公益的な機関で, 自動車に関する研究と, 規格化・標準化へ向けた自動車関連メーカーとの連携や提言, 調査などを行っている。このため, 様々な車種や環境条件で試験を行っている。本稿では, JARIと共同で製作したWLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures) の各種自動車試験法に対応したデータ解析・評価を効率的に実施できる解析ソフトウェアを紹介する。

## 2 WLTP 試験

WLTPでは, 試験対象となる車両の種類が細かく分類され, 試験方法が異なっている。大きくは内燃

機関 (ICE) 自動車, 純電気自動車 (PEV), ハイブリッド自動車 (HEV), 燃料電池自動車 (FCV) などに分類され, さらにHEVやFCVには外部給電できるタイプとできないタイプに細分化されている。例えば, HEVではプラグインハイブリッド車 (OVC-HEV) と外部給電ができない一般的なハイブリッド車 (NOVC-HEV) に分類されている。これらの車両におけるタイプ1試験 (排出ガス・燃料消費量・電力消費量などの測定法) の一部を紹介する。

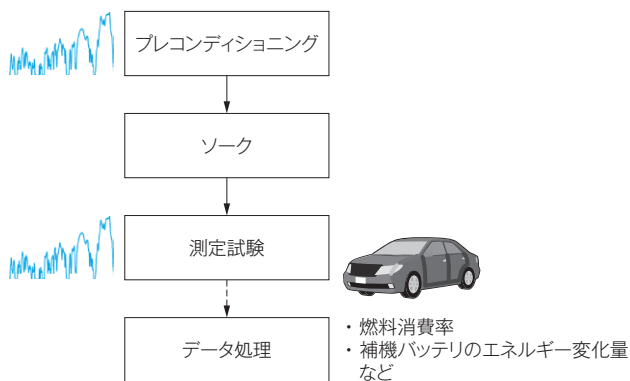
### 2.1 ICE自動車

ICE自動車では, プレコンディショニング後のソークを経てWLTC (Worldwide-harmonized Light vehicles Test Cycle) を1サイクル走行し, 排出ガス濃度・希釈排出ガス流量などを測定し, エミッション・CO<sub>2</sub>排出量・粒子状物質 (PM) 排出量・粒子数 (PN) (該当する場合)・燃料消費率を算

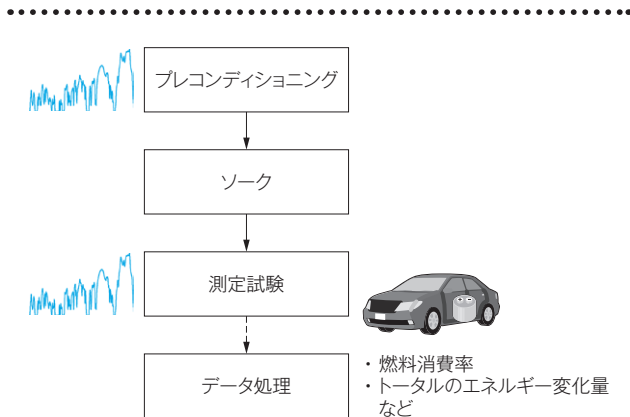
出する。補機バッテリーの電気エネルギー変化と、燃焼タイプ固有のWillans係数によって、CO<sub>2</sub>排出量を補正する規定がある。第1図に一般的なICE自動車のエミッション試験における試験手順を示す。

## 2.2 NOVC-HEV

外部給電ができないNOVC-HEV試験では、プレコンディショニング・ソーク後にWLTCを1サイクル走行し、排出ガス濃度・希釈排出ガス流量・走行用バッテリーの電気エネルギー変化などを測定し、エミッション・CO<sub>2</sub>排出量・PM排出量・PN（該当する場合）・燃料消費率を算出する。ICE自動車との違いの一つとして、試験前後で走行用バッテリーと補機バッテリーを合計した電気エネルギー変化量と、車両固有の係数の傾きからCO<sub>2</sub>排出量を補正する規定がある。第2図にNOVC-HEVの試験手順を示す。



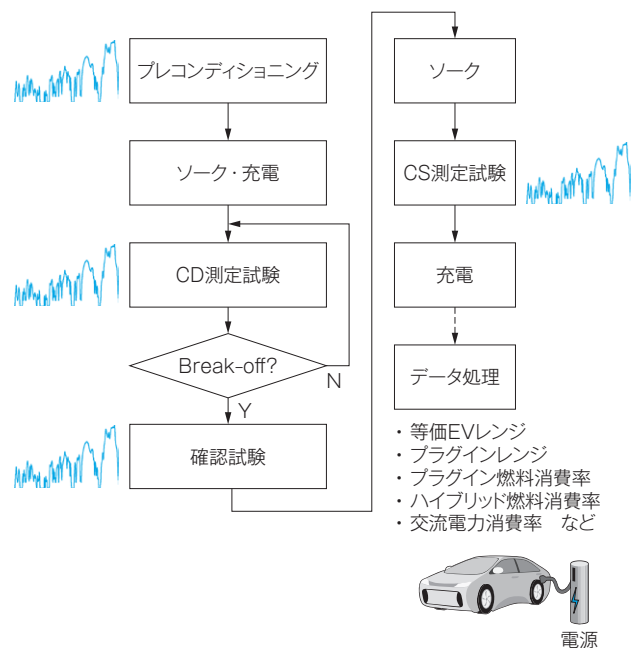
第1図 ICE自動車のエミッション試験における試験手順  
ICE自動車のWLTPタイプ1試験フローを示す。



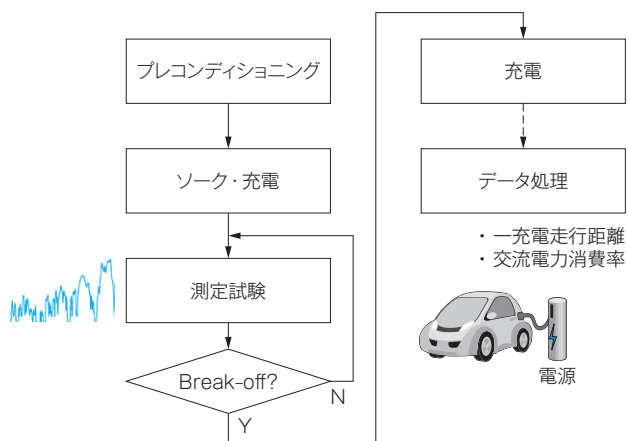
第2図 NOVC-HEVの試験手順  
外部給電できないハイブリッド自動車（NOVC-HEV）のWLTPタイプ1試験フローを示す。

## 2.3 OVC-HEV

外部給電できるOVC-HEVは、PEVの一面とHEVの一面があり、PEVからHEVへの移行状態といった複合的な状態を持つため、試験や算出内容もより複雑になっている。試験はプレコンディショニング後のソーク中に、走行用バッテリーを満充電状態にし、バッテリーのエネルギーを使用して走行するCD（Charge Depleting）状態から、バッテリーのエネルギー状態が安定しているCS（Charge Sustaining）状態に至るまで継続して試験を行う。サイクル中の排出ガス濃度、希釈排出ガス流量、走行用バッテリーの電気エネルギー変化などを測定し、バッテリーの充電エネルギー変化が規定範囲内になるまでWLTCのサイクルを繰り返す。この時のエミッション・CO<sub>2</sub>排出量・PM排出量・PN（該当する場合）のほか、等価EVレンジ・プラグインレンジ・電力消費率・一充電消費電力量・ハイブリッド燃料消費率などを算出する。また、CS状態では、NOVC-HEVと同様にWLTCのサイクル試験前後で、電気エネルギー変化量からCO<sub>2</sub>排出量を補正する規定がある。第3図にOVC-HEVの試験手順を示す。

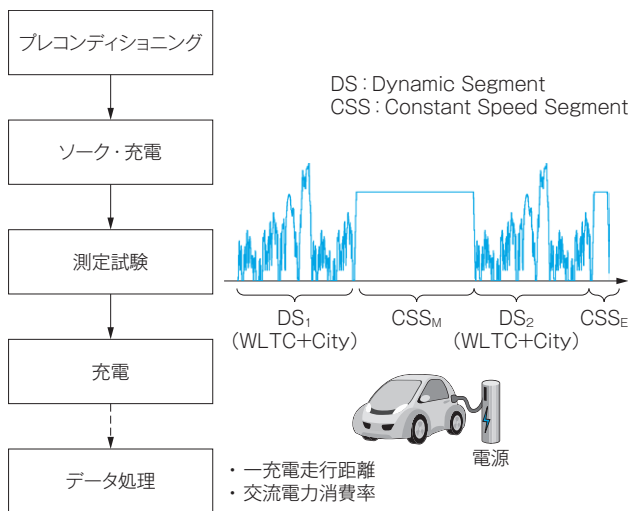


第3図 OVC-HEVの試験手順  
プラグインハイブリッド自動車（OVC-HEV）のWLTPタイプ1試験フローを示す。



第4図 PEVの試験手順（連続サイクル手順）

PEVの連続サイクル手順によるWLTPタイプ1試験フローを示す。

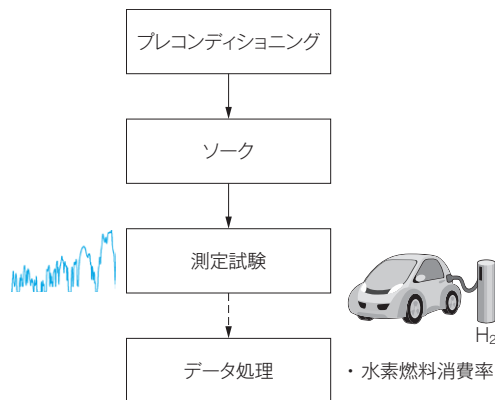


第5図 PEVの試験手順（短縮手順）

PEVの短縮手順によるWLTPタイプ1試験フローを示す。

## 2.4 PEV

PEVでは走行状態におけるバッテリーの電気エネルギー変化及び外部からの充電エネルギー量を測定し、一充電走行距離と電力消費率を算出する。試験はプレコンディショニング後のソーク中に、走行用バッテリーを満充電状態にし、走行用バッテリーが枯渇するまでWLTCのサイクルを繰り返す連続サイクル手順と、WLTCのサイクルと高速一定速走行を組み合わせることで試験時間を短縮した短縮手順がある。これらは、走行できると見込まれるWLTCのサイクル回数によって選択される。第4図にPEVの試験手順（連続サイクル手順）を、第5図に試験手順（短縮手順）を示す。



第6図 NOVC-FCHVの試験手順

外部給電できない燃料電池ハイブリッド車（NOVC-FCHV）のWLTPタイプ1試験フローを示す。

## 2.5 NOVC-FCHV

水素（H<sub>2</sub>）を燃料とした外部給電機能のない燃料電池ハイブリッド自動車の場合、水素消費量の精密な測定が必要となる。このため、試験時は車載の水素貯蔵タンクは使用せず、車外から水素ボンベなどで燃料を供給し、試験前後のボンベ重量差から水素消費量を測定する。燃料電池車はエミッションやCO<sub>2</sub>の排出はないため、水素燃料の燃料消費率を算出する。試験前後で、走行用バッテリーの電気エネルギー変化量から燃料消費率を補正する規定がある。

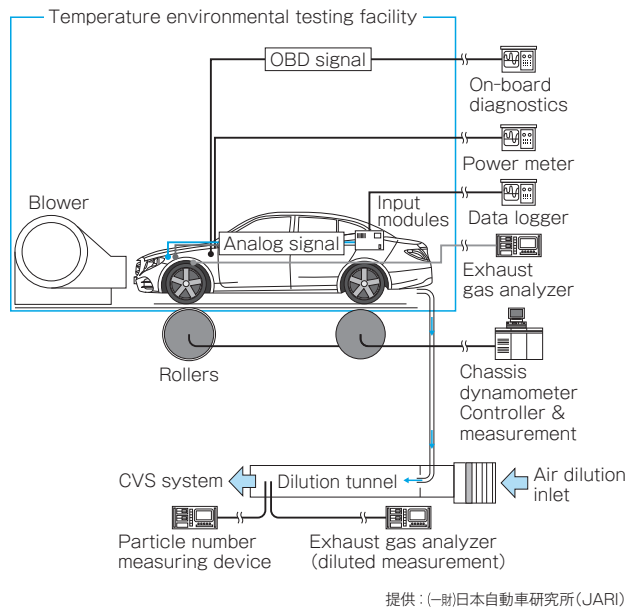
第6図にNOVC-FCHVの試験手順を示す。

## 3 データ解析

WLTPの試験法では、試験車両によって試験方法や測定対象が異なり、算出する対象（エミッション・燃料消費率・電力消費率・走行距離など）も異なるため、データ解析は複雑である。

純粋なICE自動車の場合、排出ガス濃度を測定する排出ガス分析計、希釈排出ガス流量を測定するための排出ガス測定システム（CVS）装置などが主な計測器である。純粋なEVでは排出ガス分析計などは使用しないが、バッテリーの充電エネルギー変化や外部給電量を測定するために、電力計が主な計測器である。ICEを搭載したHEVでは排出ガス分析計やCVS装置に加え、電力計などの計測器が必要で

ある。試験中に走行した実走行距離は、シャシダイナモメータで測定する。各種計測装置から得られたデータは、一定サンプリング周期で瞬時値を測定したデータを用いる以外に、排出ガス分析計では測定成分によってバッグサンプリングによる平均濃度を測定したデータと、瞬時濃度を平均処理したデータ



第7図 試験装置・計測機器の接続例

自動車の排出ガス・燃料消費量、電力消費量等の測定時に使用するダイナモメータ、各種計測機器との接続例を示す。

などを用いるため、計測機器に応じたデータ処理の対応が必要である。異なる計測機器で収集されたデータを扱う時には、計測開始タイミングやサンプリング周期、データのフォーマットが異なることが多い。データ解析の前処理として、データの抽出・データの統合・データの変換などの処理から、同一のタイミングやサンプリング周期となるように前処理の対応が必要である。適切なデータの前処理を行うことで、全てのデータの時間軸が統一された状態で、各試験に応じてサイクルごとやフェーズごとのデータを抽出し、規定に従った演算を行うことができる。

### 3.1 従来の運用

JARIでは、対象となる試験に合わせてシャシダイナモメータ・排出ガス分析計・電力計など、試験目的に適切な機器で試験している。第7図に試験時に使用する装置や計測機器の接続例を示す。これまでICE自動車の試験時では、ダイナモメータシステムが排出ガス分析計やCVS装置をコントロールして、自動でデータの収集・演算・帳票表示までを行っていた。第8図に従来のシャシダイナモメータによる帳票例を示す。

試験No.		000000028 (1/2)	
軽・中量排出ガス試験成績 (WLTCモード排出ガス等) - Bag -			
◎試験自動車			
車名・型式(種別):	NEICAR・MDC-10123	用途:	乗用
車台番号:	MD-123456	原動機型式:	M000
走行キロ数:	3000 km	総排気量:	2 L
車両重量:	1250 kg	変速機:	CVT
燃費:	ガソリン (E0)(密度: 0.748 g/ml)	燃費:	4
◎試験用機器			
シャシダイナモメータ (kg/DIN・kg/DL・FO/RY):	FEB-DNR 220/200N(消費電 220/245kW)	サイクル:	4
遠隔計 (電圧比増型):	PK-CW-3304	最大出力:	4
排出ガス分析計: モード測定用	車載排出分析計	INc(FID)の係数:	1.02
排出ガス分析計: アイドリング測定用		正オフ係数:	
CVS装置 (A/B, E/F):	NMC-F1D メタン装置	CVS装置	(揮発量: -)
高圧トンネル:	車載トンネル	種別名称:	軽乗用車型式
◎試験成績			
○WLTC排出ガス等			
排出ガス成分	分析計測定原理	低速フェーズ	中速フェーズ s/b
CO	0.811 g/km	0.811 g/km	0.811 g/km
NMHC	0.090 g/km	0.090 g/km	0.090 g/km
NOx	0.090 g/km	0.090 g/km	0.090 g/km
NOx(補正率)	-0.007 g/km	0.090 g/km	0.090 g/km
PM	-	-	-
○アイドリング測定			
成分	測定原理	CO	HC
○一酸化炭素等発動防止装置			
種別	種別	種別	種別
製作番号	製作番号	製作番号	製作番号
○実走行距離			
トータル距離:	20.000 km		
○燃料消費率			
トータル燃費:	10.0 km/L		

試験No.		000000028 (2/2)	
WLTCモード排出ガス等試験結果 - Bag -			
◎ソーク記録			
ソーク室内温度:	最高	℃	ソーク時間:
冷却水温度 (軟水後):	最低	℃	ソーク時間 (入室):
◎フルソーク記録			
試験前ソーク時間:	時間 ( - 日 - 時 - 分 - 秒 )	試験後ソーク時間:	時間 ( - 日 - 時 - 分 - 秒 )
検査室内温度:	最大値: -	最小値: -	検査室内湿度:
◎排出ガス測定結果			
運転開始時刻:	13 時 35 分	運転終了時刻:	14 時 19 分
○低速フェーズ			
試験室内燃料消費率	開始前: 21.7 k(Co) ~ 終了後: 22.0 k(Co)	試験室内相対湿度:	45 %
試験室内遠隔速度	開始前: 16.9 k(Co) ~ 終了後: 16.7 k(Co)	遠隔修正係数 (RR):	1.010
試験室内大気圧:	101.4 kPa	高圧室 (DP):	0.000 kPa
高圧排出ガス量 (V <sub>WtC</sub> ):	13.7 L/km	実走行距離:	0.000 km
排出ガス成分			
成分	分析計測定原理	高圧排出ガス濃度 A	高圧空気濃度 B
CO	0.811 ppm	0.811 ppm	0.811 ppm
NMHC	0.090 ppmC	0.090 ppmC	0.090 ppmC
CH <sub>4</sub>	0.090 ppmC	0.090 ppmC	0.090 ppmC
NOx	0.090 ppm	0.090 ppm	0.090 ppm
NOx(補正率)	-0.007 ppm	0.090 ppm	0.090 ppm
CO <sub>2</sub>	0.811 %	0.811 %	0.811 %
燃料消費率	10.0 km/L		
○中速フェーズ s/b			
試験室内燃料消費率	開始前: 22.0 k(Co) ~ 終了後: 22.5 k(Co)	試験室内相対湿度:	45 %
試験室内遠隔速度	開始前: 16.7 k(Co) ~ 終了後: 17.0 k(Co)	遠隔修正係数 (RR):	1.010
試験室内大気圧:	101.4 kPa	高圧室 (DP):	0.000 kPa
高圧排出ガス量 (V <sub>WtC</sub> ):	13.7 L/km	実走行距離:	0.000 km
排出ガス成分			
成分	分析計測定原理	高圧排出ガス濃度 A	高圧空気濃度 B
CO	0.811 ppm	0.811 ppm	0.811 ppm
NMHC	0.090 ppmC	0.090 ppmC	0.090 ppmC
CH <sub>4</sub>	0.090 ppmC	0.090 ppmC	0.090 ppmC
NOx	0.090 ppm	0.090 ppm	0.090 ppm
NOx(補正率)	-0.007 ppm	0.090 ppm	0.090 ppm
CO <sub>2</sub>	0.811 %	0.811 %	0.811 %
燃料消費率	10.0 km/L		
○高速フェーズ s/b			
試験室内燃料消費率	開始前: 22.5 k(Co) ~ 終了後: 22.8 k(Co)	試験室内相対湿度:	45 %
試験室内遠隔速度	開始前: 17.0 k(Co) ~ 終了後: 17.1 k(Co)	遠隔修正係数 (RR):	1.010
試験室内大気圧:	101.4 kPa	高圧室 (DP):	0.000 kPa
高圧排出ガス量 (V <sub>WtC</sub> ):	13.7 L/km	実走行距離:	0.000 km
排出ガス成分			
成分	分析計測定原理	高圧排出ガス濃度 A	高圧空気濃度 B
CO	0.811 ppm	0.811 ppm	0.811 ppm
NMHC	0.090 ppmC	0.090 ppmC	0.090 ppmC
CH <sub>4</sub>	0.090 ppmC	0.090 ppmC	0.090 ppmC
NOx	0.090 ppm	0.090 ppm	0.090 ppm
NOx(補正率)	-0.007 ppm	0.090 ppm	0.090 ppm
CO <sub>2</sub>	0.811 %	0.811 %	0.811 %
燃料消費率	10.0 km/L		

第8図 従来のシャシダイナモメータによる帳票例

ICE自動車試験における試験結果の帳票例を示す。

PEVやHEVに対しては、上記に加えて電力計などを追加して試験している。データ解析には、表計算ソフトを利用してダイナモメータシステムの帳票結果と、各種計測機器による個別の測定ファイルを用いてデータ解析を行っていた。時系列データは、マーカ信号や車速信号、そのほかの信号を人が判断して同一タイミングとなるようにデータの位置を調整して同期を図り、運転サイクルやフェーズの切り出しを行っていた。また、車両のOBD（On Board Diagnostics）信号などのランダムなサンプリング時間で測定されたデータでは、インターポレーション処理を事前に行うなど、前処理の作業に時間を要していた。

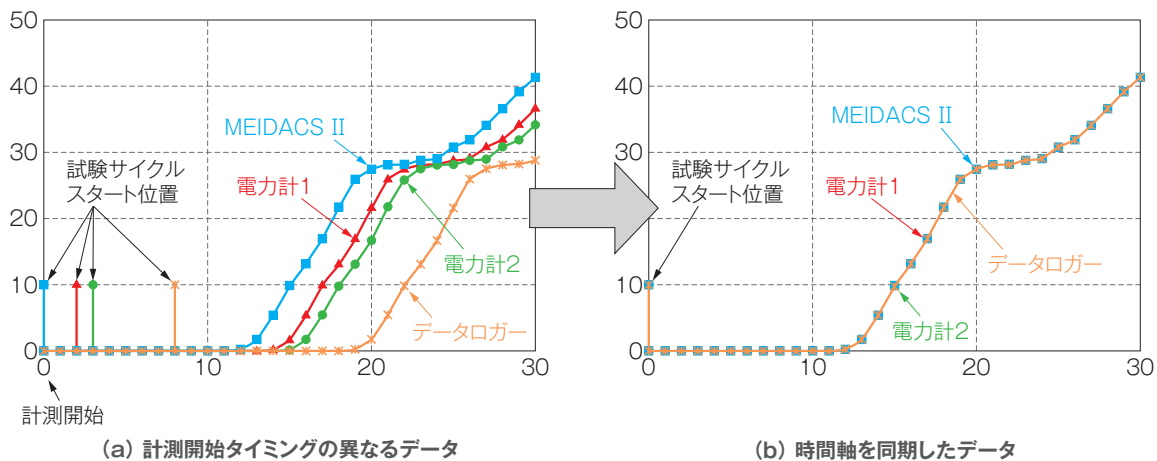
### 3.2 試験効率化に向けた取り組み

当社は、JARIにおけるデータ解析の効率化やヒューマンエラー防止のために、JARIと共同で問題解決に向けて取り組んだ。この一環として、WLTPに対応したデータ解析ソフトを製作した。JARIの試験運用方法や課題・要望を議論して機能やデータ解析方法を決定し、特に計測データ同期の自動化は、従来は人が行っていた方式を見直し、新たな仕組みを導入した。取り扱うデータは、使用する各種計測器のデータフォーマットに対応し、抽出するデータも車両や試験によって柔軟に対応できるようにした。これらのデータ解析機能を、法規改訂

や試験運用方法の変更が必要となった場合の拡張性を考慮してスクリプトで動作するソフトウェアで実現し、追加や編集などはお客様自身で対応できるようにした。

### 3.3 データ同期

複数の計測器で独立してデータを測定・保存すると、計測開始時期のタイミングの違いやサンプリング周期の違いなどから、各計測データの同期がとれていない状態となり、解析の妨げになる。計測データの同期をとるためには、サンプリング周期を統一し、各データで同じ時間軸になるようデータの位置合わせを実施する必要がある。例えば、車速信号を各計測器にアナログ信号として取り込んだ場合、オフセット誤差・フルスケール違いなどから絶対値で評価してタイミングを合わせようとする、数サンプリング時間の誤差が発生することがある。今回実施したデータ同期手法は、各機器に取り込んだ信号から、特徴部分を抽出して自動でタイミングを合わせる手法である。第9図にデータ同期のイメージを示す。また、ランダムなサンプリング時間で測定されたデータは、インターポレーション処理をして、他信号と同一サンプリング周期となるようなデータへ事前に加工してから同期処理を行うようにしている。



第9図 データ同期のイメージ

各計測機器に取り込んだ信号のタイミングを合わせた（同期処理）前後の時系列データを示す。

試験概要	
試験番号	
試験用台車	
1. 試験自動車概略	
1.1. 全般	
名称	
用途	
車体の形状	
駆動方式	
1.1.1 パワートレイン	
パワートレイン	
1.1.10 電動機	
型式	
最高出力	kW/rpm
1.1.11 駆動用バッテリー	
型式	
容量	Ah
電圧	V
1.1.12 パワー・エレクトロニクス	
製造者	
型式	
出力	kW/rpm
1.1.13 燃料電池スタック	
型式	
1.2 車両H	
1.2.1 車両重量	
車両H 試験自動車重量	kg
1.2.2 走行抵抗パラメータ	
I0	N
I1	N/(km/h)
I2	N/(km/h) <sup>2</sup>
サイクルエネルギー要求量	MJ
走行抵抗測定結果	
1.2.3 走行サイクル選択パラメータ	
走行サイクル	
車両最高速度	km/h
2. 試験結果	
2.1 燃料消費率試験結果	
エンジンタイプ/燃料供給方法	: 慣行法
ダイナモ制御モード	: 固定走行方式 / 反復方式
慣行モード有無	
追加アプリケーション	
2.1.1 車両H	
試験日	
試験場所	
冷却ファン下ろの高さ	
車両前部からのファンまでの距離	
2.1.1.4 走行距離	
2.1.1.4.1 純電気試験距離	WLTCCモード値
純電気試験距離	km
走行値	km
2.1.1.5 電力消費率	
2.1.1.5.1 純電気自動車電力消費率	
電力消費率	WLTCCモード値
計算値	Wh/km
報告値	Wh/km
2.2 重量	
2.2.1 車両H	
試験自動車重量	kg
走行抵抗測定時の平均重量	kg
種類	
重量配分	Front
	Rear
	kg

**第10図** データ解析ソフトウェアから出力したPEV試験帳票フォーマット例

データ解析ソフトウェアから出力したPEV試験結果のフォーマット例を示す。

**3.4 帳票**

タイミングと時間軸の同期処理をしたデータから、データの抽出とWLTPの試験法に従った演算処理を行い、帳票フォーマットで最終結果を出力できるようにした。第10図に今回の取り組みで製作したデータ解析ソフトウェアから出力したPEV試験の帳票フォーマット例を示す。

**4 むすび**

(一財)日本自動車研究所 (JARI) と共同で実施したWLTP向けデータ解析ソフトウェアの取り組みの一部を紹介した。本ソフトウェアの導入によって、データ解析時間が短縮され、試験がより効率的に実施できるようになったとご評価をいただいている。

今後もお客様の要望に応えた製品・サービスを提供していく所存である。

最後に、本取り組みを行うにあたり、ご指導・ご評価にご協力をいただいた(一財)日本自動車研究所 (JARI) の関係者の皆様に深く感謝の意を表する次第である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》

**渡邊 健二**  
Kenji Watanabe  
モビリティ T&S技術部  
Mobility Testingに関するマーケティング・企画・開発に従事

**高橋 利道**  
Toshimichi Takahashi  
モビリティ T&S技術部  
Mobility Testingに関するマーケティング・企画・開発に従事