

6. UN-ECE/WP29及びWHTCの概要

(1) そもそもWHTCとは？

①. 検討の経緯・現状

- ・ gtrN04 (WHDC) は、トランジェントモードと定常モードから構成されており、トランジェントモードのことをWHTCと言う。なお、定常モードはWHSCと言う。
- ・ WHDCについては、1997年（平成9年）よりWP29において検討が開始され、2006年（平成18年）にgtrN04として成立。

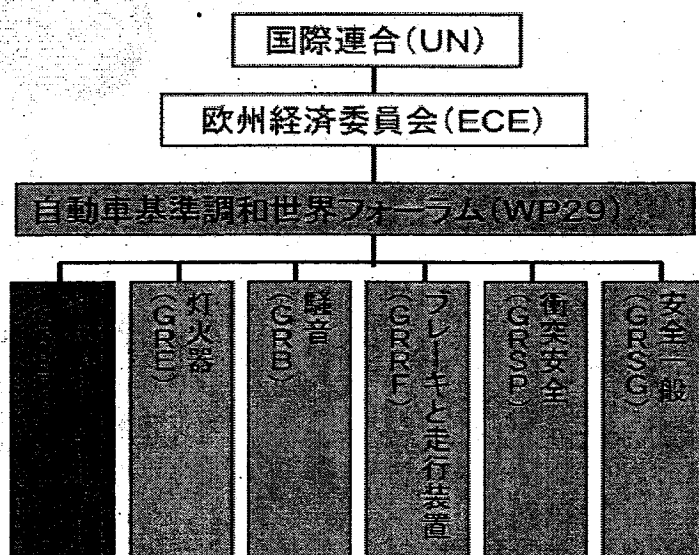
※gtr: global technical regulation (世界統一基準)

※WHDC: Worldwide harmonized Heavy Duty Certification

※WHTC: Worldwide harmonized transient cycle

※WHSC: Worldwide harmonized steady state cycle

【WP29の現状】



・ 国連の欧州経済委員会には自動車基準の国際的な統一を図る組織として、自動車基準調和世界フォーラム(WP29)が設置されている。WP29には6つの基準の分野ごとに専門家会議がおかれている。

・ 専門家会議の1つであるGRPEにおいては、現在、排出ガス対策等に係る世界統一基準(gtr: Global Technical Regulation)などの検討が実施されている。

【GRPEにおいて検討している主な基準項目】

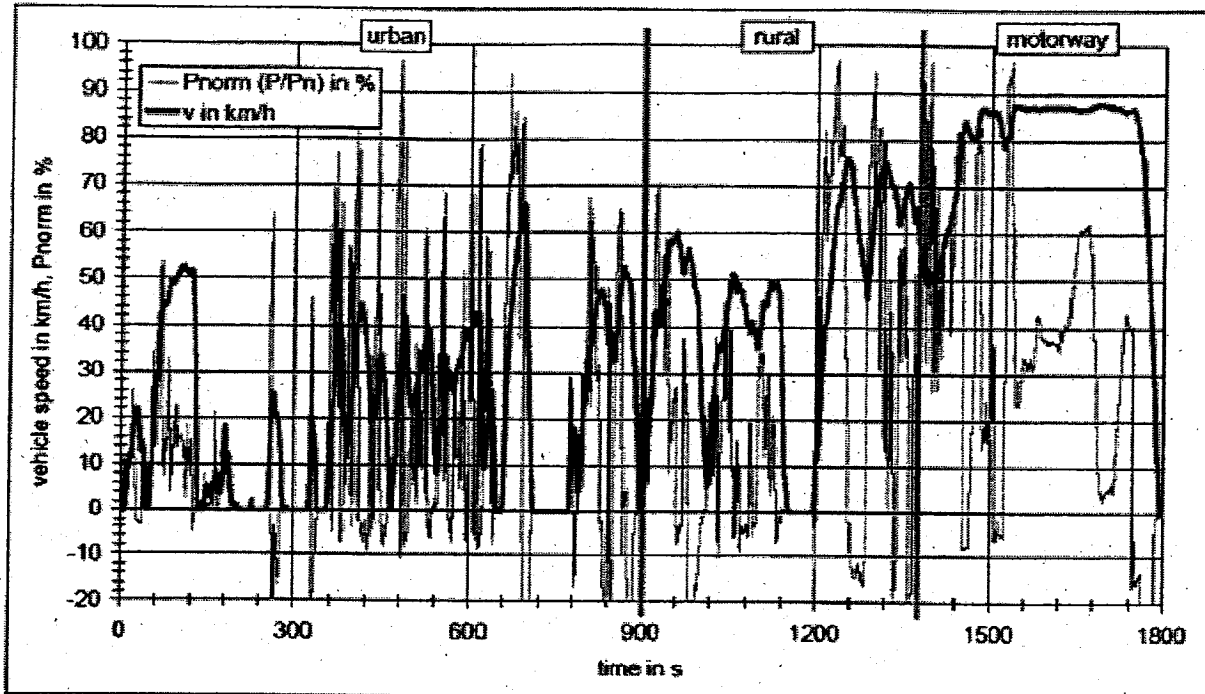
- ・ WHDC(重量車排出ガス試験法) → 2006年11月に成立(gtr.N04)、オプション有り
- ・ WWH OBD(重量車排出ガス故障診断) → 2006年11月に成立(gtr.N05)
- ・ WWH OCE(重量車オフサイクル) → 2009年中に成立予定
- ・ WLTP(乗用車排出ガス試験方法) → 現在ロードマップ検討中
- ・ WMTCC(二輪車排出ガス試験法) → 2005年6月に成立(gtr.N02)、現在、規制値議論
- ・ PMP(粒子状物質測定方法)
- ・ NRMM(ノンロードエンジン排出ガス試験法) → 2009年中に成立予定

・ なお、gtrは、本来、試験方法と規制値がセットであるべきものとされているが、規制値は、これまで全く議論がなされておらず、gtrN04においては、規制値が策定されるまでの間、各国は、少なくとも自国の現行規制と同レベルの厳しさに相当する規制値とすることが推奨される旨が記載されている。今後、議論するかは未定。

②WHTCの作成経緯・試験方法

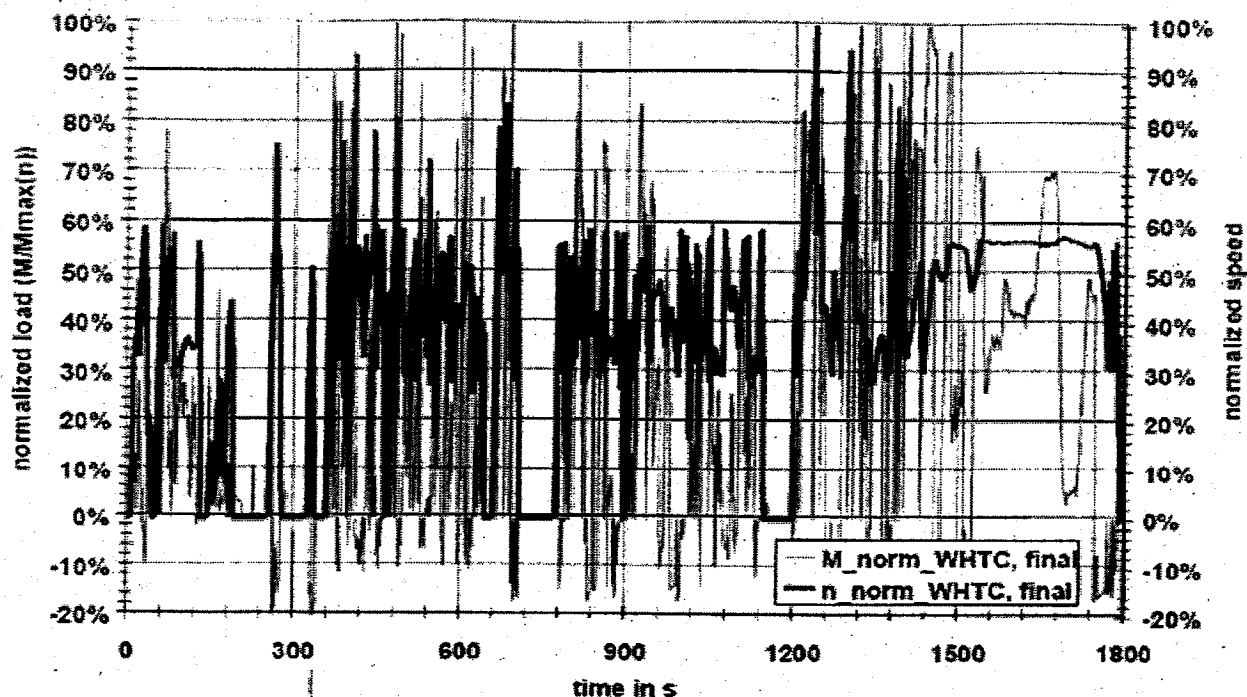
- ・ WHTCの作成に当たっては、日米欧、オーストラリアの自動車走行データを収集、これをもとに図8に示す「時間-速度」(赤線)、「時間-出力」(青線)からなる車両モード(WHVC)を作成した。ポイントは、「時間-出力」も作成したこと。

【WHVC (Worldwide harmonized vehicle cycle)】



- ・ エンジンダイナモで試験を実施できるようにするため、WHVCモードを「時間-トルク」、「時間-回転数」に変換する。このため、欧州4種、日本4種のエンジンの中から平均的挙動を有する日本のエンジンを選定、このエンジンをもとに図9に示すWHTCモードを作成。これがgtrN04に規定されるWHTCモードである。

【WHTCモード】



- ・ そして、試験においては、エンジン諸元をもとに以下の式を用いて、実際の回転数、トルクを算出する。

$$\text{実際の回転数} = n_{\text{norm}} \times (0.45 \times n_{\text{lo}} + 0.45 \times n_{\text{pref}} + 0.1 \times n_{\text{hi}} - n_{\text{idle}}) \times 2.0 \\ 327 + n_{\text{idle}}$$

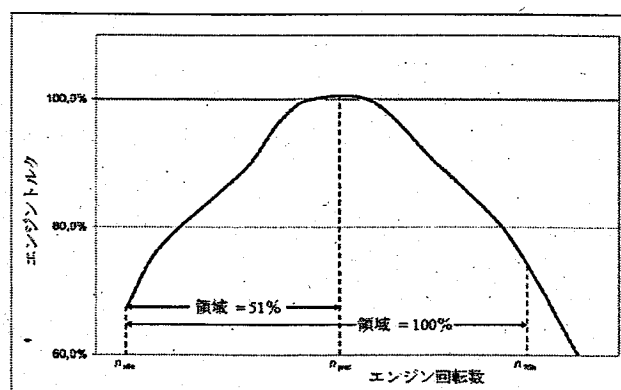
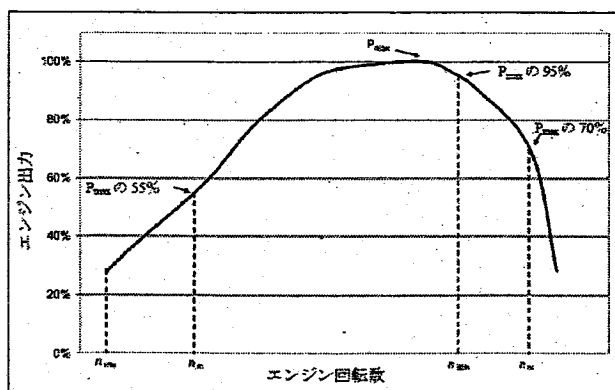
n_{lo} : 出力が最大出力の55%になる最低回転数

n_{pref} : 最大トルク積分値が全積分値の51%になるエンジン回転数

n_{hi} : 出力が最大出力の70%になる最高回転数

n_{idle} : アイドリング回転数

【 n_{lo} 、 n_{pref} 等の求め方】



【求め方の例】

- ・ある時間のWHTCにおける% 回転数 = 43%、% トルク = 82%を実際の回転数、トルクに変換してみる。

エンジン試験により、以下の値が計測されたと仮定すると、

$$n_{lo} = 1,015 \text{ min}^{-1}, n_{hi} = 2,200 \text{ min}^{-1}, n_{pref} = 1,300 \text{ min}^{-1}, n_{idle} = 600 \text{ min}^{-1}$$

- ・実際の回転数は、以下の式で算出される。

$$\text{実際の回転数} = \frac{43 \times (0.45 \times 1,015 + 0.45 \times 1,300 + 0.1 \times 2,200 - 600) \times 2.0327}{100} + 600 = 1,178 \text{ min}^{-1}$$

- ・回転数1,178 min⁻¹における最大トルクを、エンジン試験により作成した最大トルクカーブより、700 Nm と読み取れたと仮定すると、

$$\text{実際のトルク} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

- ・また、定常モードにおいても、排出ガス性能が担保されるよう図11に示すWHSCによる定常試験も併せて実施することになっている。

【WHSC】

モード	正規化した 回転数 (%)	正規化した 負荷 (%)	基準に用いる WF	20秒の傾斜を含むモードの長さ (秒)
0	駆動	-	0.24	-
1	0	0	0.17/2	210
2	55	100	0.02	50
3	55	25	0.10	250
4	55	70	0.03	75
5	35	100	0.02	50
6	25	25	0.08	200
7	45	70	0.03	75
8	45	25	0.06	150
9	55	50	0.05	125
10	75	100	0.02	50
11	35	50	0.08	200
12	35	25	0.10	250
13	0	0	0.17/2	210
合計			1.00	1895

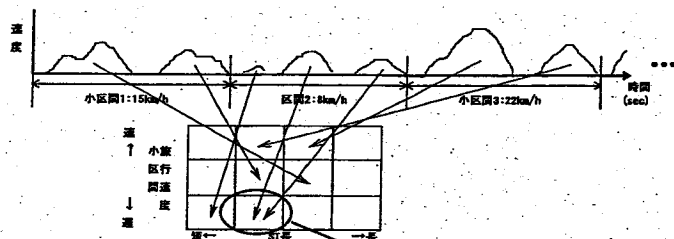
(2) JE05とWHTCの作成方法の比較

- JE05とWHTCについて、その運転領域の差異や相関関係を検証する前に、先ず、そもそもの作成方法に大きな違いがないかを検証する。JE05、WHTCとも収集した走行データから「時間-車速」の車速モードを作成する。そして、実際のエンジン試験の際には、個々のエンジンの特性を踏まえて「時間-回転数、トルク」に変換して実施する。この考え方は、両モードとも同じであり、以下に「車速モード作成過程」、「エンジンベース変換過程」について比較する。

① -①車速モードの作成過程

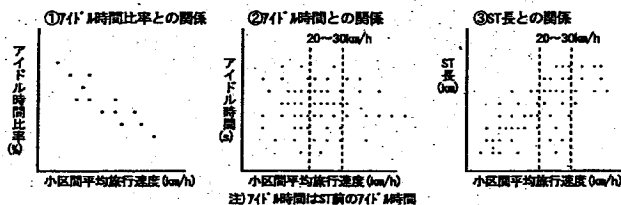
JE05

- ① 収集したトリップ（発信から停止までを1トリップ）を小区間平均速度（小区間とは概ね2km～3kmで区切ったもの）とトリップ長のマトリックスで分類する。さらに、それぞれのマトリックスごとに、その特徴を代表するトリップを代表トリップとして選出する。



それぞれのマトリックスにおいて、「速度・加速度分布」を求め、これに近いトリップをそれぞれのマトリックスの代表トリップとする（複数選択）。

- ② 小区間平均速度とアイドル時間比率、アイドル時間分布、トリップ長分布（3因子）との関係をグラフにする。これにより、ある平均速度時における3因子の状況を算出することが可能となる。



- ③ 平均速度ごとに②で求めた3因子を満たすように①で選出した代表トリップを組み合わせることで平均旅行速度別代表走行モードを作成する。

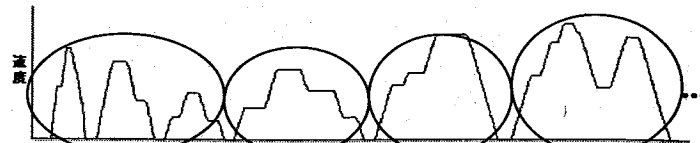
速度ランク	10未満	10～20	20～30	30～40	40～50
モード					

- ④ 交通統計より得られた走行実態で③を重み付けする。この結果により、JE05が目指すべきパラメータが算出される。これを満たすようにトリップを組み合わせることでJE05を策定する。

速度ランク (km/h)	10未満	10～20	20～30	30～40	40～50	合計
重み係数	6.6	44.7	32.9	10.2	5.5	99.9

WHTC

- ① 収集したトリップを走行道路等のマトリックスで分類する。なお、国で分類したのは、参考までに各国ごとのモードを作成し、比較するためであって、モード作成という観点からは特に意味はない。



		Europe			Japan			USA			
vehicle cat.	power to mass ratio class	urban	rural	motor way	urban	rural	motor way	urban	rural	motor way	sum
rigid trucks	1										
rigid trucks	2										
rigid trucks	3										
trailer trucks	1										
trailer trucks	2										
trailer trucks	3										
buses	4										
	sum										

・トリップの分類の仕方が異なる。また、平均旅行速度別代表走行モードを作成することによってトリップを選別して分類した点（JE05）と選別せず全て分類した（WHTC）点と異なる。

・しかしながら、トリップを分類し、それを交通統計データで重み付けし、その結果からJE05（WHTC）が目指すべきパラメータを算出するという基本的考え方は同じ。

・また、その作成方法の違いにより大きな差が生じない旨の検証がWHTC検討当時においてなされている。（別添参照）

- ② 交通統計より得られた走行実態で①を重み付けする。この結果により、WHTCが目指すべきパラメータが算出される。これを満たすようにトリップを組み合わせる。

		Europe			Japan			USA			
vehicle cat.	power to mass ratio class	urban	rural	motor way	urban	rural	motor way	urban	rural	motor way	Sum
rigid trucks	1	52%	18%	20%	34%	12%	09%	33%	18%	06%	20.2%
rigid trucks	2	31%	17%	23%	60%	21%	16%	44%	24%	08%	24.3%
rigid trucks	3	32%	20%	25%	40%	14%	11%	26%	14%	05%	18.7%
trailer trucks	1	08%	10%	22%	03%	01%	01%	11%	08%	08%	7.1%
trailer trucks	2	08%	10%	23%	04%	02%	01%	21%	16%	15%	10.0%
trailer trucks	3	10%	13%	28%	02%	01%	01%	29%	22%	21%	12.8%
buses	1	28%	12%	00%	14%	04%	00%	07%	05%	01%	7.1%
	Sum	16.9%	9.9%	14.1%	15.7%	5.4%	3.9%	17.0%	10.7%	6.3%	100%

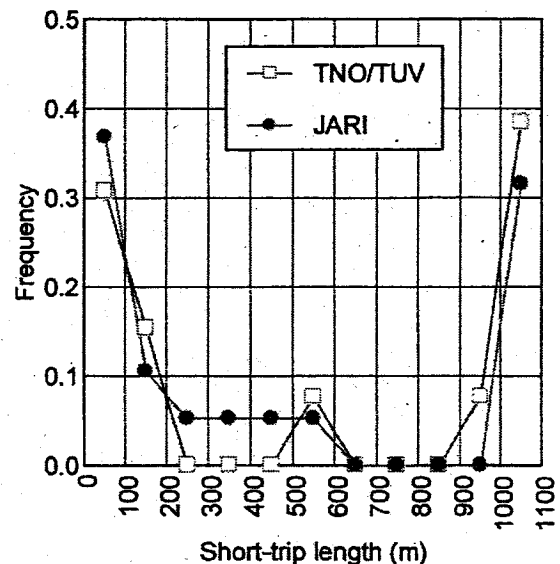
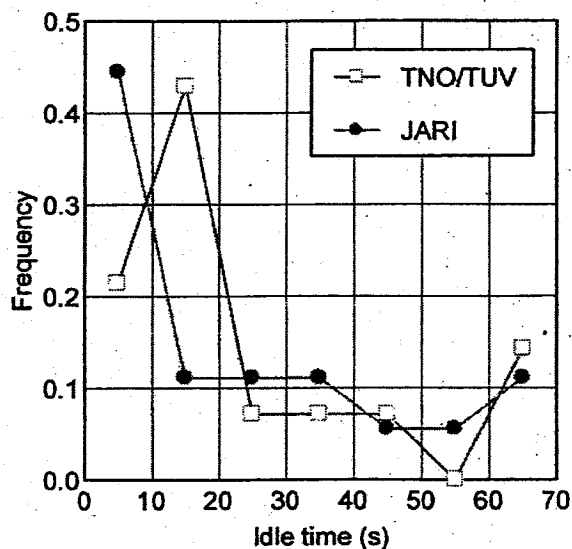
① -②

JE05 と WHTC の作成方法の違いによる測定モードの差異の検討

WHDC の検討当時、JE05 は完成していなかったもののその作成方法は、ほぼ確立していた。このため、WP29 における WHDC 検討活動の一環として、JE05 作成方法と WHTC 作成方法でそれぞれ作成した測定モードの比較がなされている。

その結果は、以下のとおりである。

	Vehicle category	Ave. speed of driving cycle	Idle time ratio	Ave. acceleration at acceleration mode	Cruise time ratio	Ave. cruising speed at cruise mode
		km/h	%	m/s ²	%	km/h
Japanese cycle from TNO/TÜV	All categories	30.5	20.1	0.44	28.2	49.6
Japanese cycle from JARI	Single unit trucks	27.8	22.3	0.54	15.9	50.9



これらの結果をもとに、WP29/GRPE においては、

- ・平均速度とアイドル時間割合はほぼ同じ
- ・アイドル時間頻度及びショートトリップ長頻度は類似の傾向を示したとしており、両モードには大きな差がなく、結果はほぼ同じと結論づけている。

② エンジンベース変換過程

JE05

- ① 車両の個々の諸元(ギア比、重量、全幅、全高等)、走行抵抗、加速抵抗を入力。さらに、人の運転実態(例えば、発進は2速等)を踏まえたギアシフトモデルから、車速を回転数、トルクに変換(変換プログラム)。

車速パターンからエンジン回転、エンジントルクを算出する計算式

$$R_1 = \mu r \cdot M + \mu a \cdot A \cdot V^2$$

$$R_2 = (M + M_t + M_e \cdot i^2) / \alpha$$

$$R = R_1 + R_2$$

$$T_e = (r \cdot R) / (i \cdot \eta)$$

$$N_e = (1000 \cdot i \cdot V) / (2 \cdot \pi \cdot r \cdot 60)$$

R_1 : 走行抵抗
 R_2 : 加速抵抗
 μr : 転がり抵抗係数
 μa : 空気抵抗係数
 M : 車両質量
 M_t : T/Mより後の慣性質量
 M_e : エンジン、T/Mの慣性質量
 A : 前面投影面積
 V : 車速
 α : 加速度
 T_e : エンジントルク
 N_e : エンジン回転数
 i : 総ギアレシオ
 η : 駆動効率
 r : タイヤ半径

- ② ギアシフトモデルを含め、変換プログラムを法令に位置づけた。

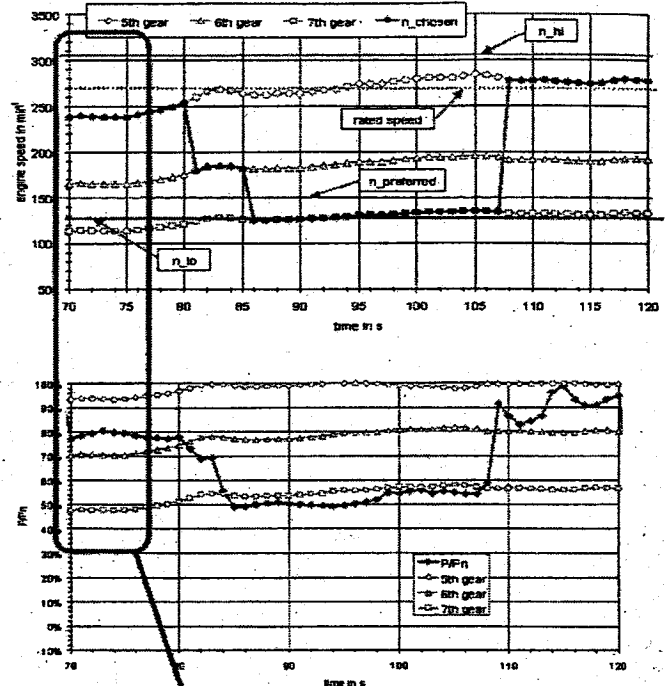
JE05 は車両ごとに走行抵抗、加速抵抗を入力するが、WHTC は WHVC の出力グラフで代表化している。さらにギア比率も代表化している。したがって、WHTC は走行抵抗等の改善効果が評価できないため、燃費測定方法として採用することは考慮が必要。

WHTC

- ① エンジンの使用実態等を踏まえ、変換モデルを作成。

【変換プログラム】

- ・ n_{lo} , n_{pref} , n_{hi} はエンジンの使用実態を踏まえ決定。
- ・ 回転数が n_{lo} から n_{hi} の間にあり、かつ n_{pref} に最も近く、出力が WHVC の出力以上となるギアを選択。

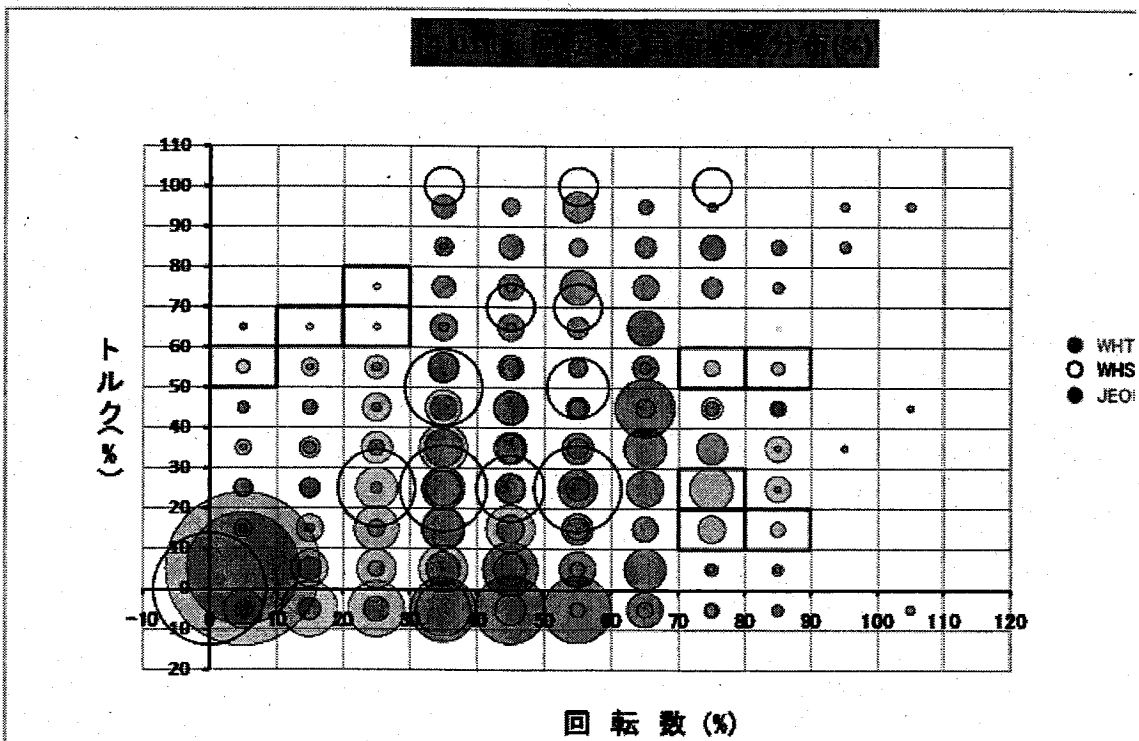
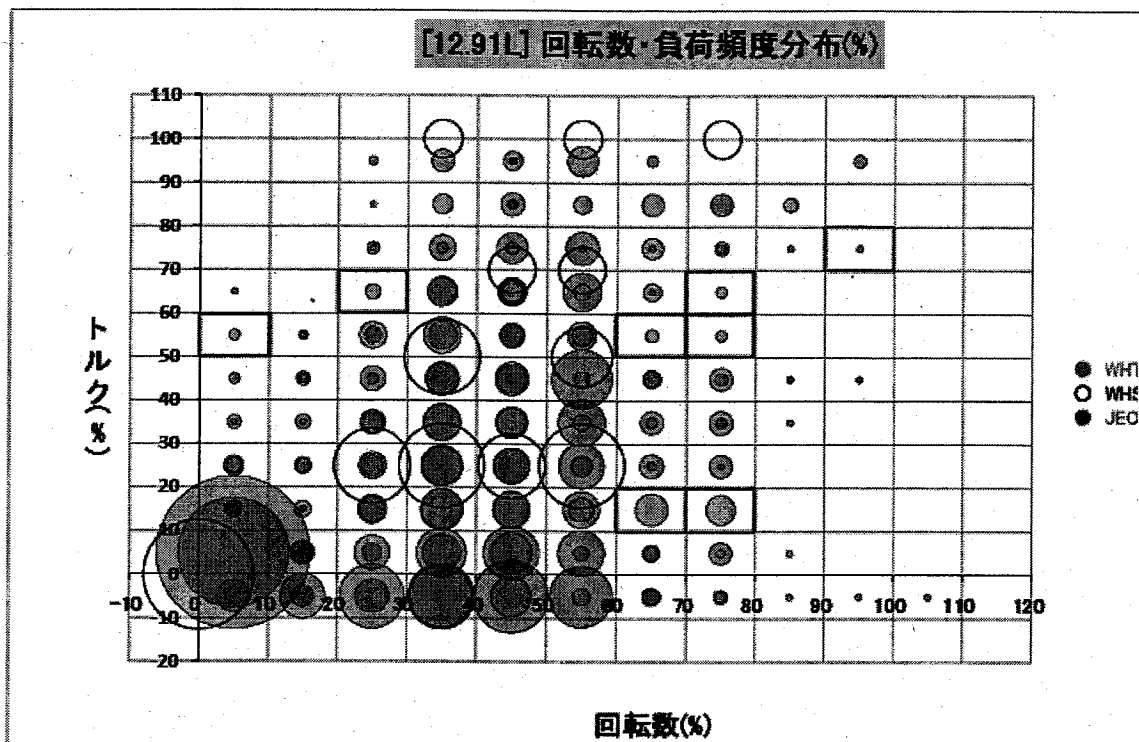


- ・ 回転数が n_{lo} から n_{hi} の間にあり、かつ n_{pref} に最も近くなるギアは6速。
- ・ しかし、6速ギアの出力は WHVC の出力以下となってしまうので、結果として5速ギアが選択される。(赤線が選ばれたギア)

- ② コンピュータを用いた変換モデルを規定に位置づけるのは困難であるという理由で、このモデルを式で表現することとした。エンジンや式の係数を変更し、変換モデルともしっかり一致したものを式とした。

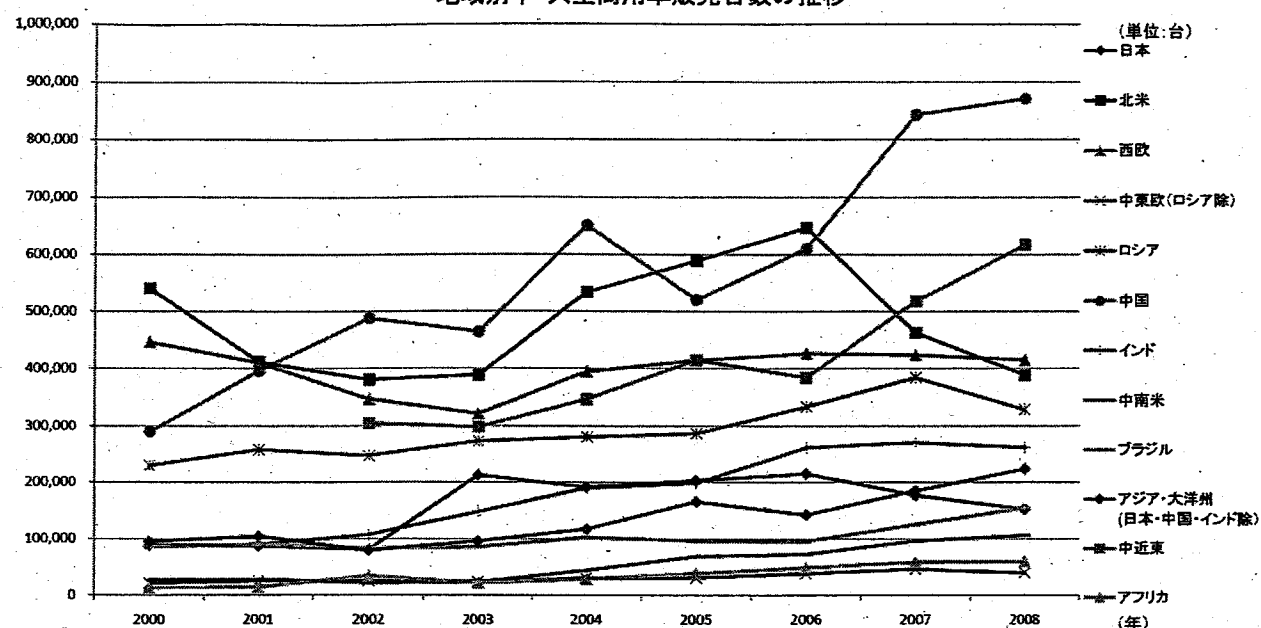
- ・ 人の運転実態からギアシフトのモデルを作成した点 (JE05) とエンジンの使用実態からギアシフトのモデルを作成した点 (WHTC) が異なる。しかし、実態からギアシフトのモデルを作成するという考え方は同じ。
- ・ 変換モデルを法令に組み込みエンジンを搭載する車両ごとに評価できる点 (JE05) とできない点 (WHTC) は異なる。ただし、これはオフサイクル対策の導入によりカバーできるものとする。

7. JE05とWHTCの運転領域の比較



8. 新興国の市場状況及び排出ガス規制動向

地域別中・大型商用車販売台数の推移



・FOURIN「世界自動車統計年刊」より作成。・中・大型の分類は各国によって違う。
 ・北米はアメリカ、カナダ、メキシコの合計。・中東欧はラトビア、エストニア、リトアニア、セルビア、ポーランド、ハンガリー、チェコ、スロバキア、ルーマニア、ウクライナの合計
 ・西欧はドイツ、イギリス、イタリア、フランス、スペイン、ベルギー、オランダ、オーストリア、スウェーデン、ギリシャ、ポルトガル、アイルランド、デンマーク、フィンランド、ルクセンブルグ、スイス、トルコ、ノルウェーの合計
 ・アジア・大洋州はオーストラリア・ニュージーランド・台湾、タイ、インドネシア、マレーシア、フィリピン、ベトナムの合計。
 ・中近東は2002年から計上。中近東はイラン、サウジアラビア、アラブ首長国、クウェート、イスラエルの合計(小型も含む)。・アフリカは南アフリカ、エジプトの合計。

新興国の排出ガス規制動向

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
日本	新長期規制												挑戦目標			
欧州				Euro5					Euro6							
米国	US04		US07			US10										
中国	Euro2		Euro3					Euro5								
北京	Euro2	Euro3						Euro5								
韓国	Euro3				Euro5											
インドネシア	Euro2															
ベトナム	未規制															
フィリピン	Euro1			Euro2												
シンガポール	Euro2															
タイ	Euro3			Euro3												
ブラジル	Euro3							Euro5								
ロシア	Euro2			Euro3						Euro5						
インド	Euro3															

9. コールドスタート比率の算定方法

○ これまで5次答申においてJC08モード及びJE05モード、6次答申において2輪車モードのコールド比率を算定した実績がある。これらは、全て同じ手法を用いている。このため、挑戦目標値のコールド比率についても同じ手法を用いて算出する。なお、挑戦目標値の測定モードはJE05ベースとして計算した。以下の図1は、その算出根拠をまとめたものである。

【図1：挑戦目標値におけるコールド比率】

○エンジンベース

	普通貨物車		バス		特種車		最終的なコールド比率	根拠データ
	自家用	事業用	自家用	事業用	自家用	事業用		
1トリップ長(km)	42.32	106.81	16.57	21.52	35.28	108.32		平成19年度版「自動車輸送統計年報」の「実働1日1車当たり走行キロ」を「実働1日1車当たり輸送回数」で割った。
コールドスタートトリップ比率	0.404	0.267	0.394	0.327	0.385	0.211		PEC調査における全トリップ個数に占める完全コールドスタートトリップ個数割合。
JE05コールドの重み係数	0.13261071	0.03472076	0.33020486	0.2110248	0.15158328	0.02705682		全トリップの総延長に対し、JE05コールドスタートの総延長の割合。
実働延日車で重み付け	0.05316623	0.01156331	0.01205787	0.00771226	0.01514898	0.00251743	0.102165878	
実働延日車(日車)	277,443,503	230,467,803	25,269,537	25,290,961	89,158,084	64,386,942	692,017,830	平成19年度版「自動車輸送統計年報」からそのまま記載
実働延日車の重み付け	0.40091959	0.33303738	0.03651573	0.03654669	0.09993831	0.09304232		

※ 事業用バスには「乗合」と「貸切」があり、それぞれの「実働延日車」で加重平均して算出した。

○ 図1のそれぞれの項目について説明する。

① 1トリップ長 (Km)

- 世の中に存在するトリップの平均の距離。

【算出方法】(値は全て「国土交通省 自動車輸送統計年報」より)

・ 1トリップ長 (Km) = 実働1日1車当たり走行キロ (km) ÷ 実働1日1車当たり輸送回数 (回)

・ 実働1日1車当たり走行キロ (km) = 総走行キロ ÷ 実働延日車

・ 実働1日1車当たり輸送回数 (回) = 総輸送回数 ÷ 実働延日車

・ 実働延日車 (日車) = 走行した自動車が、調査期間中に延日数にして何両あったかを表したものの。単位は「日車」。例えば、2台×50日でも4台×25日でも100日車。

② コールドスタートトリップ比率

- 世の中に存在するトリップのうち、コールドスタートトリップの個数割合。

・ 平成9年度「自動車の使用実態調査報告書」((財)石油産業活性化センター(PEC))において、自動車ユーザーに対するアンケート結果がまとめられている。これは、図2のようなアンケート表により実施されたものである。

【図2：PEC調査におけるアンケート表】

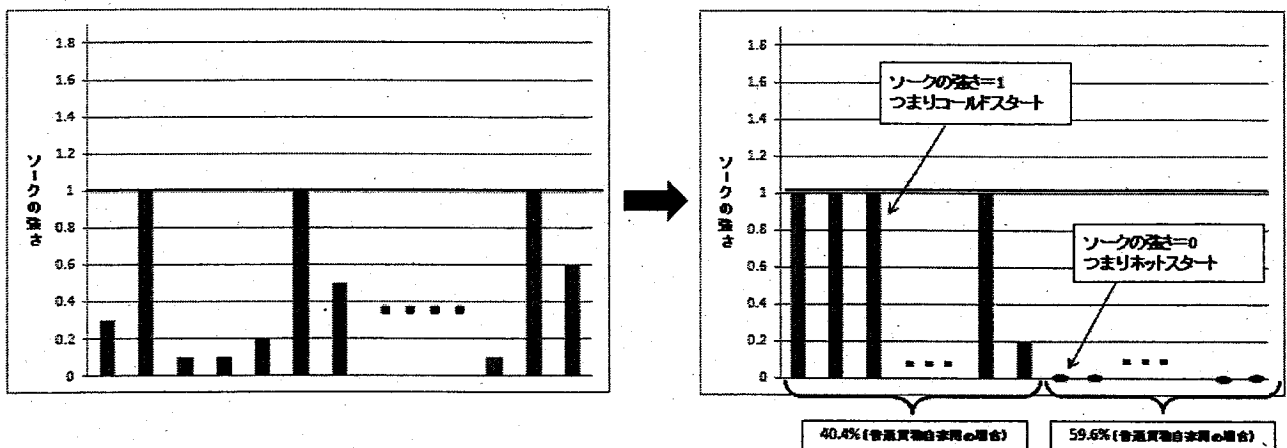
車両ナンバー		自動車走行等記録表 (1)	
記録月日	走行記録記入欄	累積走行距離	給油量
12月1日 月曜日	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24時	km	ℓ
12月2日 火曜日	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24時	km	ℓ
12月3日 水曜日	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24時	km	ℓ
12月4日 木曜日	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24時	km	ℓ
12月5日 金曜日	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24時	km	ℓ
12月6日 土曜日	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24時	km	ℓ
12月7日 日曜日	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24時	km	ℓ

【記入例】
12月2日 火曜日
走行記録記入欄: 走行開始 (7時), 走行中 (7時~11時), 走行終了 (11時), 給油をした時 (11時), 長時間(30分以上)のアイドリング (11時~12時), 累積走行距離を記録した時 (12時)
累積走行距離: 20,386 km
給油量: 40.3 ℓ

【記入要領】
走行開始 走行中 走行終了 給油をした時 長時間(30分以上)のアイドリング 累積走行距離を記録した時

- このアンケートにより、各トリップのソーク時間が明らかとなる。
- さらに、別の試験結果をもとに、ソーク時間に応じた冷却水温降下率（完全ホットから完全コールドになる水温降下率を1とした場合の割合。いわば「ソークの強さ」）を出す。これにより、図3の左側のイメージを作成することができる。
- 議論しやすくするため、まちまちのソークの強さのトリップをソークの強さ1（コールドスタート）とソークの強さ0（ホットスタート）の2種類のトリップに整理する。この際のコールドスタートトリップの個数割合が「コールドスタートトリップ比率」となる。例えば、普通貨物自家用の場合は40.4%となる。

【図3：コールドスタートとホットスタートへの整理のイメージ】



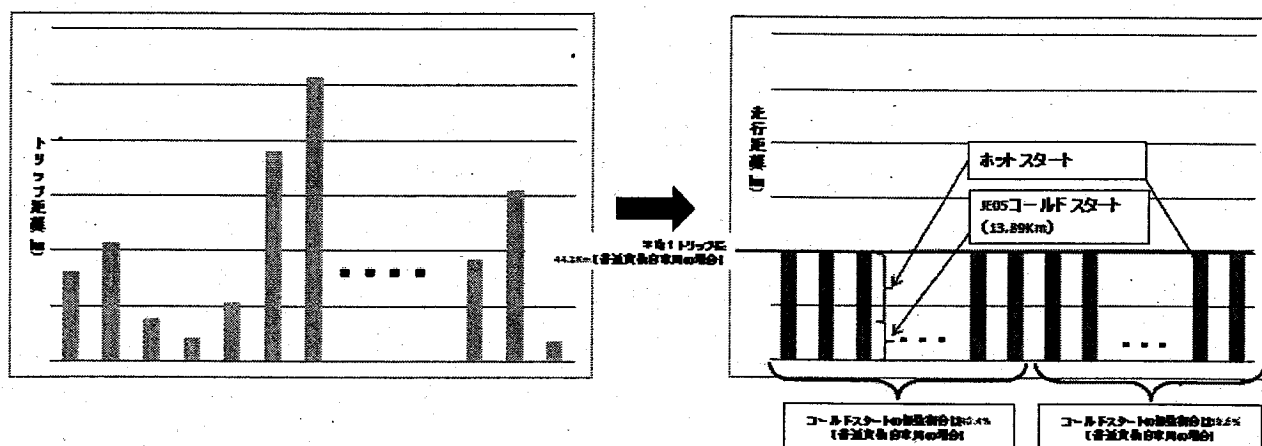
③ JE05コールドの重み係数（コールド比率）

- ・ 世の中には様々な距離のトリップがあるが、議論をしやすくするため、全て一定の距離にする。前述の「①1トリップ長（Km）」がそれである。
- ・ そして、前述の「②コールドスタートトリップ比率」で説明したとおり「世の中にあるトリップのうち、40.4%の個数がコールドスタートトリップである（普通貨物自家用の場合）。
- ・ さらに、コールドスタートトリップの総延長距離のうち、

$$\frac{13.89 \text{ (Km)}}{44.1 \text{ (Km)}} \text{ (JE05の距離) / (1トリップ長)}$$
 がJE05コールドスタートの総延長距離である（普通自家用貨物の場合）。
- ・ 従って、普通貨物自家用の「JE05コールドの重み係数」（すなわち、コールド比率）は以下の式により算出される。これらの説明のイメージを図4に示す。

$$\text{コールド比率} = 0.404 \times 13.89 \text{ (Km)} / 44.1 \text{ (Km)}$$

【図4：JE05コールドの重み係数算出のイメージ】



○ 各車種ごとに算出した「⑤JE05コールドの重み係数」を実働延日車で加重平均して最終的なJE05のコールド比率を算出する

○ この結果が図1のとおりJE05ベースだと0.1021（10％）となる。

○ また、WHTCベースであれば、JE05の走行距離13.89kmに対して20.20kmとなる。これをもとに同様の手法で算出すると0.1485となり、国際調和の観点から14％とする。

<参考>平成9年PEC調査を使うことの妥当性

○ ここで、「②コールドスタートトリップ比率」については、前述のとおり平成9年のPECによる詳細な調査結果及びソーク時間に対する冷却水温降下率試験をもとに算出されている。平成9年という10年以上前の調査結果を使うことの妥当性を検討する。

図5に「国土交通省 自動車輸送統計年報」のデータを示す。これによると、各車種の使用実態に極端な変動はない。また、冷却水温降下率についても大きな変動はないと考えられることから、「②コールドスタートトリップ比率」はJE05コールド比率算出の際と同じデータを活用する。

【図5：自動車輸送統計年報によるデータ】

	普通貨物車		バス		特種車		
	自家用	事業用	自家用	事業用	自家用	事業用	
平成9年度 (1997年度)	90.19	230.11	71.4	176.50	82.25	222.02	JCAP調査年度
	2.04	2.22	4.47	9.04	2.48	2.18	
	44.21	103.65	15.97	19.53	33.17	101.84	
平成12年度 (2000年度)	93.48	241.5	73.69	179.93	95.28	239	5次答申ベース年度
	2.12	2.37	4.51	8.96	2.65	2.24	
	44.1	101.9	16.3	20.1	36.0	106.7	
平成19年度 (2007年度)	89.71	245.67	78.89	187.15	92.43	240.47	最新年度
	2.12	2.3	4.76	8.7	2.62	2.22	
	42.32	106.81	16.57	21.52	35.28	108.32	

	←実働1日1車当たり走行キロ(km)
	←実働1日1車当たり輸送回数(回)
	←1トリップ長

※ 事業用バスには「乗合」と「貸切」があり、それぞれの「実働延日車」で加重平均して算出した。