

# EV エネルギー消費ログ DB を用いた多様な可視化システムと運転状況に基づく情報の提示

A Visualization System using the Database of Electric Vehicles' Energy Consumption and Presentation of Information based on Driving Situations

出縄 誠<sup>◆</sup> 出口 達<sup>◆</sup> 富井 尚志<sup>◆</sup>

Makoto IDENAWA Toru DEGUCHI  
Takashi TOMII

我々は自動車に搭載した簡易なセンサから得られた運転ログを蓄積する手法を提案した。蓄積された運転ログは、EV のエネルギー消費モデルに基づいて正規化され、データベースに蓄積される。さらに、このデータベースに対して様々な検索を行い、有用な情報を示すための状況提示システムを提案した。本稿では、大量に存在する運転ログを時間帯や道路区間等で集約することで、自分の生活や道路の傾向に応じた EV への置換え効果の可視化を行う。例えば、エネルギー損失の多い傾向のある区間に対して、渋滞やエネルギー損失の傾向を知ることが可能となる。本システムを用いた状況提示の実現性・有効性を検証するために、実際に運転ログを収集し可視化を行った。その結果、大量にデータを集めることで道路区間の傾向が見えることが確認された。

We proposed the model of database that accumulates daily driving logs acquired by vehicle-mounted simple sensors. Driving logs are normalized by energy consumption model of electric vehicles (EVs). And, we proposed the visualization system for retrieving useful information using this database. In this paper, we visualize estimation results of replacing an existent vehicle with an EV. For example, users can obtain energy consumption tendencies of roads on which they often lose electric energy. For evaluating effectiveness of this visualization system, we have collected driving logs and visualized various information. As a result, we confirmed that we know tendencies of roads by collecting many logs.

## 1. はじめに

近年、温室効果ガスの排出量の増加による地球温暖化の進

◆ 学生会員 横浜国立大学大学院環境情報学府情報メディア環境学専攻 [idenawa-makoto-xm@ynu.ac.jp](mailto:idenawa-makoto-xm@ynu.ac.jp)

◆ 非会員 横浜国立大学大学院環境情報学府情報メディア環境学専攻 [deguchi-toru-mk@ynu.jp](mailto:deguchi-toru-mk@ynu.jp)

◆ 正会員 横浜国立大学大学院環境情報研究院 [tommy@ynu.ac.jp](mailto:tommy@ynu.ac.jp)

行や、化石燃料の枯渇問題などの理由から省エネルギー化に対する要求が高まっている。その中でも日本国内のエネルギー消費量のうち4分の1が運輸部門によるものであり、さらにその4分の3が道路交通分野であることから道路交通分野における省エネルギー化が求められている[1]。

道路交通分野において、省エネを実現するモビリティとして電気自動車(Electric Vehicle: EV) [2]が注目を集めている。EVはガソリン車に比べて燃料コストが低く、二酸化炭素排出量も大幅に削減される。また、EVは移動体としての役割の他にバッテリーとしての役割ももち、非走行時にはEVの内部電源から電気を取り出すことが可能である。EVを利用した省エネの手段として、運転に使用しない余剰電力を他の場所へ供給するV2X (Vehicle to X) が考えられている。

V2Xの形の1つとして、事業所に集まった数台~数十台のEVから電力を取り出して建物で利用するV2B (Vehicle to Building) がある。V2Bでは、夜間に各家庭で充電した電力を日中に通勤先の事業所で利用することで電力のピークシフトを図ることができる。しかし、事業所に集まる個々のEVはそれぞれ運転状況が異なるため、各EVから取り出す電力量の最適値を知ることはできない。すなわち、EVから電気を取り出し過ぎてしまえば帰宅するのに必要な電力が足りなくなる恐れがあり、取り出す電力量が少なければV2Bの効果自体が少なくなるジレンマが存在する。

また、EV普及の問題点として初期導入コストが高いことや、利用の見通しが立てづらいことが挙げられる。EVの価格はバッテリー費用が大半を占めており、同クラスのガソリン車の2倍程度の導入費用が必要になる。利用の見通しの面では、EVの走行可能距離が短いことや充電インフラの普及が進んでいないことから、実際の利用に対してEVが耐えうるのかどうか不明瞭だということが挙げられる。各メーカーや地方自治体によってEVの運用状況がある程度公表されているが、それらはモデルケースであることが多く、実際の自分の運転と照らし合わせた定量的な評価を行うことはできない。これらのような問題点からEVは現在あまり普及しておらず、インフラ整備の遅れの一因となっている。

以上のことから、本研究では自動車にスマートフォン等のセンサを搭載して運転ログを収集する。そのログをデータベースに蓄積し、消費されるエネルギー量の推定や運転者が自分の運転の振り返りに利用できるようにする。事業所の観点では、EVが多く集まる場合にどの程度の電力がEVから供給可能かを実際の運転ログを用いて把握することが可能になる。同じ地点を走行したログを大量に集めることで、その地点に関する統計的な知見を得ることができるようになる。また、本システムをガソリン車に適用した場合、EVに置換えた際の効果を計ることができる。

## 2. 研究背景

### 2.1 EVとV2X

EVはバッテリーを搭載し、モータによって駆動する新たなモビリティである。例えば日産自動車のLEAFは24kWhのバッテリーを搭載し、最大228kmの走行が可能である[3]。EVの特徴として、Well-to-Wheelの観点で比較した場合の燃料コストがガソリン車に比べて低いことや、走行時に二酸化炭素を排出しないことが挙げられる[4]、[5]。

また、EVに搭載されたバッテリーに充電した電力を、電力網(Grid: V2G)や家(Home: V2H)、ビル(Building: V2B)に提

供するV2Xという技術が注目されている。Kemptonら[6], [7]はV2Gをアメリカの電力市場に導入した際にどの程度の効果と利益を得られるかの検証を行った。Kambojら[8]は送電網にEVを組み込むためにマルチエージェントシステムを適用し、実際の市場において収入が見込めることを実証した。Jansenら[9]は既存の電力網にV2Gを投入した際にV2Gが果たす役割について論じた。太田ら[10]はEVを家庭の電力網に接続することで、電源の補助として再生可能エネルギーが活用できることを検証した。また2012年には日産自動車がLEAF to Home[11]として、V2Hの製品化を行った。

しかし、V2X実現のためには様々な課題がある。その中でもEV搭載のバッテリー容量の小ささはEVの普及においても問題とされている。この問題に対して、Zhangら[12]は残余走行距離推定を、計算資源の節約を行いながらも達成する手法を提案した。その他にも課題として、充放電の繰返しによるバッテリー寿命の短縮、新技術ゆえの社会制度、十分な充電インフラの整備などがあり、これらに関しては官民が協力して解決すべき課題といえる[13], [14]。

## 2.2 センシングと可視化

近年の情報通信技術やセンサ技術の発達により、自動車をも一つのセンサとする「プローブカー」に関する研究が進められている。Manzoniら[15]は運転スタイルによって燃費が大きく影響される車両にセンサを搭載し、運転者別や時間帯別で消費エネルギーに差があることを確認した。森川ら[16]はプローブカーデータに気象状況や道路状況を組み合わせた動的経路案内システムを開発し、その性能評価を行った。秦ら[17]は新潟県中越沖地震において、プローブカーデータを「通れた道路マップ」として試験提供した。

さらにGPSや加速度センサを搭載したスマートフォンが登場したことで、個人で簡単に自動車走行ログを収集することが可能となった。そこで我々は、スマートフォンを自動車に搭載して自動車走行ログの収集を行った[18]。電気自動車の走行モデルから消費エネルギー推定を行い、高速に検索可能なデータベース(DB)の構築を行った[19], [20]。

## 2.3 本研究で解決すべき課題

本研究では前節のDBを利用し、大量に蓄積したログからEVへの置換え効果を視覚化することを目指す。特に、運転者が日々の通勤において考える燃費の悪そうな地点や渋滞する傾向のある地点について、実際のデータを用いて検証を行う。1年以上に渡って収集したデータに対して検索を行い、消費エネルギーや通過時間等の統計的な情報を示す。

## 3. ECOLOGViewer の設計

### 3.1 ECOLOG システム全体の概要

本研究のシステムの全体像を図1に示す[19]。自動車に搭載したスマートフォンのセンサデータを自動車運転ログとして収集し、DBに蓄積する。センサデータに対して加速度等の補正を行い、消費エネルギーを推定する。推定された消費エネルギーは1秒単位に正規化され、時刻や緯度経度等とともに1つのテーブルに格納される(図2)。我々はこのテーブルの1レコードをECOLOG(Energy Consumption LOG)と名付けた。このテーブルにアクセスすることで、高速な検索が可能になる。検索結果を提示する可視化システムをECOLOGViewerと名付けた。

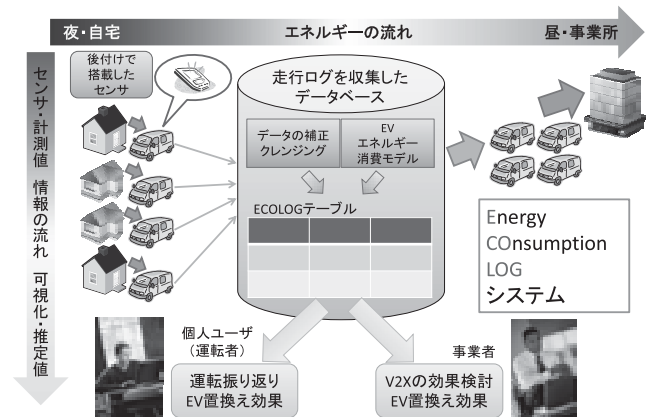


図1 ECOLOG システムの概要

Fig.1 Concept of ECOLOG System

ECOLOG		主な属性の説明
項目名	説明	※すべて瞬時値(1秒区間値)
TIME	時刻	トリップIDと日時(主キー)
LONGITUDE	緯度	緯度・経度(GPSで計測)
LATITUDE	経度	緯度(GPS他から計測)
SPEED	速度	速度(GPS他から計測)
ACCELERATION	進行方向加速度	地点別標高差(地図から計測)
ACCELERATION	(加速度センサで計測・補正)	進行方向加速度
AIR_RESISTANCE	空気抵抗による損失	空気抵抗による損失
WIND_RESISTANCE	風による損失	風による損失
ROLL_RESISTANCE	転がり抵抗による損失	転がり抵抗による損失
CLIMB_RESISTANCE	登坂抵抗に対するエネルギー	登坂抵抗に対するエネルギー
CLIMB_RESISTANCE	(位置エネルギーとして回収可能)	(位置エネルギーとして回収可能)
ACCELERATION	加速抵抗に対するエネルギー	加速抵抗に対するエネルギー
ACCELERATION	(運動エネルギーとして回収可能)	(運動エネルギーとして回収可能)
POWER	力行時のエネルギー変換損失	力行時のエネルギー変換損失
REGENERATION	回生時のエネルギー変換損失	回生時のエネルギー変換損失
REGENERATION	回生エネルギー	回生エネルギー
LOSS	エネルギー損失の総和	エネルギー損失の総和
EFFICIENCY	モータの変換効率	モータの変換効率
TOTAL_CONSUMPTION	電気エネルギー消費量の総和	電気エネルギー消費量の総和

図2 ECOLOG テーブル

Fig.2 ECOLOG Table

### 3.2 ECOLOGViewer の設計

ECOLOGViewer の設計は以下の設計方針に従って行った。

#### ● ECOLOG モデルの可視化

ECOLOG では、自動車にかかる抵抗から消費エネルギーの推定を行っている[20]。このモデルを基に、消費エネルギーを成分分けしたグラフをパワーグラフと呼ぶ(図3)。パワーグラフでは自動車が加速～巡行～減速する間にどのように仕事率が変化するのかが示している。さらに、エネルギーを縦軸にとりEVのバッテリーからエネルギーがどのように消費されるのかが示したグラフをエネルギーグラフと呼ぶ(図4)。これらのグラフはEVが走行する上でどのようにエネルギーを消費したのかを知るためには有用であるため、ECOLOGViewerではこれらの可視化を行う。

#### ● 運転者の感覚の可視化

運転者は日々の運転経験から、渋滞の発生する交差点や時間帯、燃費の悪そうな道路といった感覚を持っている。しかしこれらの感覚が実際に正しいのかを明示化することができず、運転改善の判断基準にはなりえていない。そこでECOLOGViewerでは蓄積された運転ログを用いた可視化を行うことで、運転者の感覚を定量的に示し運転改善に役立てることができる。

● 多様な検索結果の提示

ECOLOG システムでは、DB に対して様々な検索を行うことが考えられる。そこで、ECOLOGViewer ではあらかじめ定型クエリを用意することで、利用者に特別な知識を要求せずに情報の提示を可能にする。さらに、提示するデータや集約の単位、グラフの種類などの基本的な要素を組み合わせることで多様な可視化を実現する。

● 簡易な統計量を用いた比較

通勤の運転ログを収集することで、平均や標準偏差といった統計量から全体の傾向の比較が可能になる。交差点から交差点を集約単位とすることで、道路ごとの傾向を知ることができる。さらに、道路リンクの集合をセマンティックリンクと定義することで、運転者が考える道路区間の単位で集約を行うことができる。

● 個人向け可視化と事業所向け可視化

運転者は蓄積された日々の運転ログから自身の運転を振り返り、運転改善に役立てることができる。一方で EV が集まる事業所を想定した場合、複数台の EV の総余剰電力量を把握する必要がある。ECOLOGViewer では DB スキーマを変更することなく、個人向けと事業所向けの大きく分けて 2 種類の可視化を実現する。

● EV への置換え効果

EV の普及が進まない原因の 1 つに、EV に乗り換えた際の見通しが立てにくいという問題がある。そこで ECOLOG システムでは、ガソリン車の個々の運転ログに対して EV のエネルギー消費モデルを適用する。これによって、運転者個人の生活スタイルを考慮した EV への置換え効果を推測する。

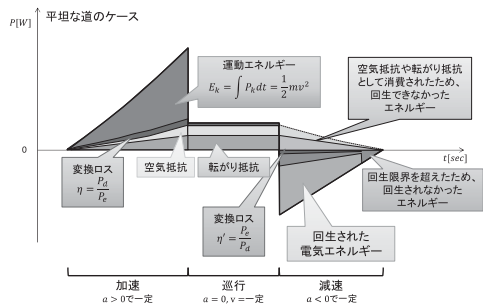


図 3 EV のパワーグラフ

Fig.3 Power Graph of EV

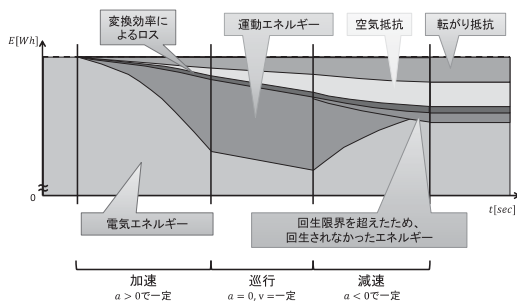


図 4 EV のエネルギーグラフ

Fig.4 Energy Graph of EV

4. ECOLOGViewer の実装

4.1 ECOLOGViewer の基本的な画面

本節では、ECOLOGViewer の基本的な画面について説明する。運転者による振り返りのための画面を図 5 に示す。運転者は、Google Maps 上に表される軌跡やその地点における消費エネルギー、ある時点における各瞬時値やカメラ画像、その前後のパワーグラフ(図 6)を連動して確認することができる。消費エネルギーは地図上に赤色(実線)の面積で表され、平均を示す青色(破線)の面積と比較することでこれまでの運転と今回の運転を比較することができる(平均からの幅は標準偏差を表す)。さらに、EV のバッテリーからエネルギーが消費される様子を示すエネルギーグラフの可視化も実装した(図 7)。これらのグラフを用いることで、消費されたエネルギーの要因や回収可能か否かを知ることができる。

また事業者向けとして、発生する残余電力を 1 日ごとにまとめたカレンダー表示を実装した(図 8)。残余電力とは、その日の往復運転で消費されたエネルギーを 12kWh から引いた値である。今回想定した EV では、24kWh のバッテリーの約 80% が利用可能であり、運転者の心理から帰宅時に最低でも 30% の電力量はバッテリーに残しておくべきだと考え、50% の 12kWh を EV1 台あたりの V2X 提供可能上限とした。

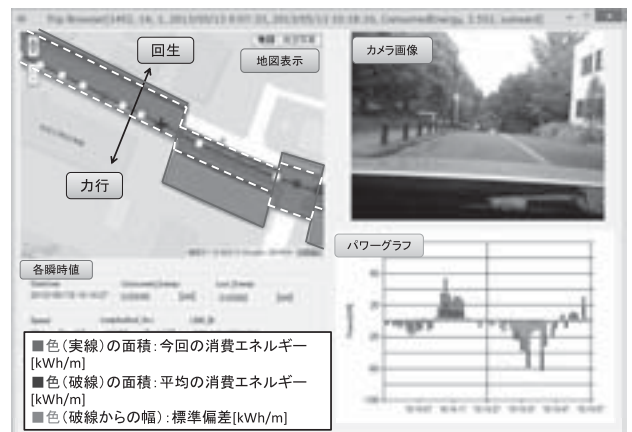


図 5 運転者向け画面

Fig.5 View for Drivers

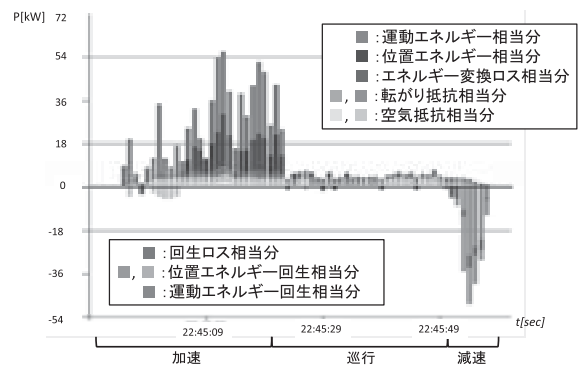


図 6 実データから作成したパワーグラフ

Fig.6 Power Graph by Real Data

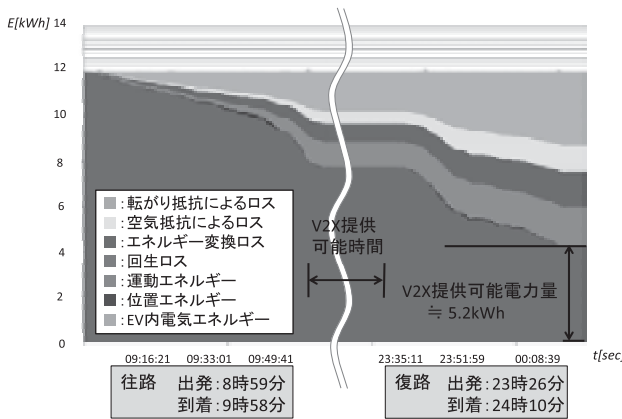


図7 実データから作成したエネルギーパワーグラフ

Fig.7 Energy Graph by Real Data

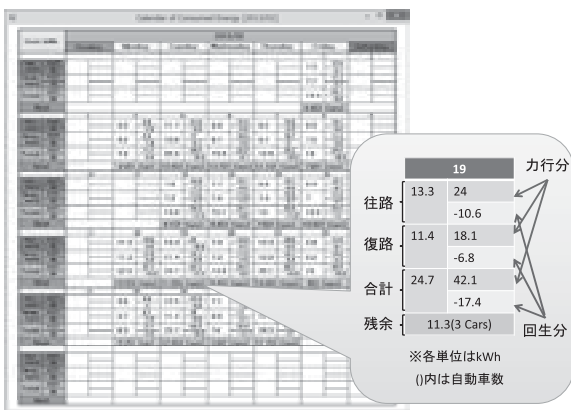


図8 2013年2月のV2X効果予測カレンダー

Fig.8 Calendar of Estimated V2X Effects in Feb. 2013

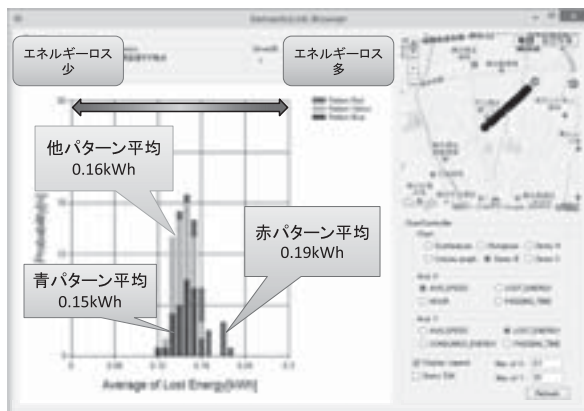


図9 サグ部で発生したエネルギーロス頻度分布

Fig.9 Classified Histogram of Lost Energy in this Sag

4.2 セマンティックリンク

本研究では、地点ごとの集約を行うために国土地理院が提供している数値地図 2500[21]で定義されている道路リンクを用いた。しかし、道路リンクは交差点から交差点という物

理的な区切りで定義されており、運転者が実際に考える道路の単位とは異なることが多い。そこで、運転者にとって意味のある道路の単位としてセマンティックリンクを定義した。これは複数の道路リンクの集合であり、高速道路や運転者が興味を示している道路区間等を元に作成した。

さらに、セマンティックリンクを用いた可視化を行うための機能を実装した。この画面では、表示したいグラフの設定をUI上で行うことで、簡単な操作のみで多様な情報を可視化することが可能となる。

5. 可視化の実例

5.1 サグ部でのエネルギー消費

本章では ECOLOGViewer を用いて得られた可視化例について説明する。図9は、道路上に存在するサグ部をセマンティックリンクとして、その区間を走行するのに必要なエネルギーロスの頻度分布を表したものである。サグ部とは、下り坂と上り坂の組み合わせからなる道路区間であり、一般的にエネルギーを多く消費する区間である。蓄積したエネルギー消費ログから、この被験者の場合にも通勤経路上の他の一般道路と比較するとエネルギーロスが多く発生する傾向があることがわかった。エネルギーロスとは、EVが走行する上で必ず発生するエネルギーの損失のことであり、パワーグラフの成分では空気抵抗、転がり抵抗、エネルギー変換ロス、回生限界によるロスを指す。すなわち、このサグ部を走行するために消費された回収不可能なエネルギー量がどのような傾向になるのかを図9から知ることができる。

被験者へヒアリングを行ったところ、この区間の走行状況は2つのパターンに分類できることがわかった。この区間にはいくつかの信号があり、1つを青信号で通過できた場合にはノンストップで最後まで通過できるが、赤信号で停車した場合には後の信号まで赤信号で止められてしまう。被験者からのヒアリングにより、赤信号での停車回数が多い場合にはエネルギーロスが多く発生しているのではないかと予測した。この2つのパターンを「青パターン」、「赤パターン」とし、走行ログの一部に対してヒアリングを基に分類を行った(青・赤パターン以外の場合を「他パターン」とした)。

図9から、赤パターンに陥ってしまった場合にエネルギーロスが多く出る傾向があることがわかる。全体の傾向として青・他パターンが多いのは、できる限り青パターンになるように運転を行っているからであることがヒアリングからわかった。パターンごとに平均を求めたところ、青パターン平均は0.15kWh、他パターン平均は0.16kWh、赤パターン平均は0.19kWhであった。この差はストップアンドゴーの回数差によって発生したと考えられる。1回の運転全体で消費されるエネルギー(この被験者の場合には約4kWh前後)に対して0.04kWhの削減量はかなり小さく、EVの場合にはサグ部の運転改善による効果は低いということがわかった。

しかし、散布図を用いて通過時間とエネルギーロスの関係を可視化したところ(図10)、赤パターン時には青・他パターンよりも通過時間が長いことが確認された。通過時間が長くなれば、ライトやエアコン等の電装品によるエネルギー損失が多くなることを見込まれる。すなわち、この道路をEVで走行する際には「走行での損失よりも電装品での損失を考慮して青パターンの走行を目指せ」という助言を行うことができる。本システムでの可視化によって、運転者の運転行動に対して納得できる知見が得られることを確認した。

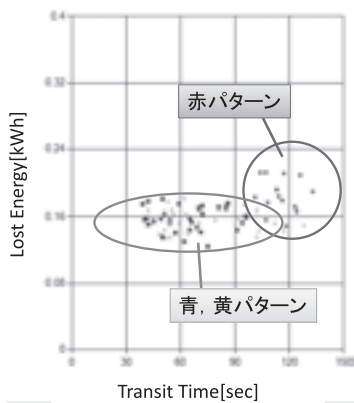


図 10 サグ部の通過時間とエネルギーロスの関係  
Fig.10 Relation between Transit Time and Lost Energy

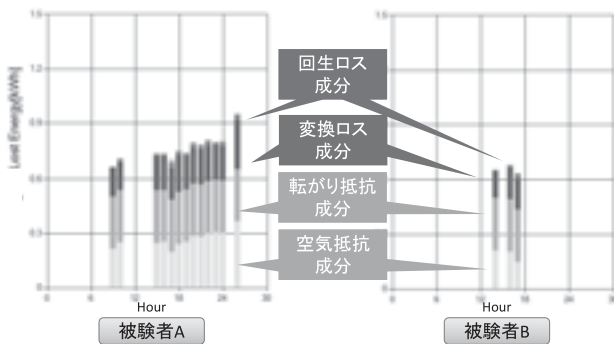


図 11 高速道路の通過時刻とエネルギーロスの関係  
Fig.11 Relation between Hour and Lost Energy

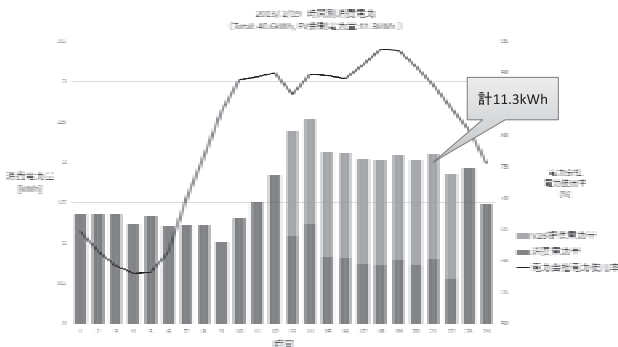


図 12 2013年2月19日のV2X効果推定  
Fig.12 Estimation of V2X Effects in Feb. 19, 2013

5.2 高速道路でのエネルギー消費

ある高速道路の一部をセマンティックリンクとして集約し可視化を行った。この道路は複数の被験者が通勤で利用している共通区間であり、運転者や生活スタイルによってエネルギー消費の傾向が異なるかどうかの検証が可能になる。この道路は通勤ラッシュ時には渋滞していることが多いため、渋滞の度合いが消費エネルギーの傾向として現れるのでは

ないかと考えた。そこで、渋滞の傾向が時間帯に大きく依存することから[22]、通過した時間帯ごとにエネルギーロスの平均を求め、可視化を行った(図 11)。

この結果から、EV の場合には必ずしも渋滞時にエネルギーを多く損失する訳ではないと推定される。車の流れがスムーズな場合には高速走行を行うため、空気抵抗によるエネルギーの損失が多く発生する。被験者 A の場合、深夜帯ではスムーズに走行することができるため、空気抵抗によるエネルギー損失が多く発生すると導かれた。EV の場合には、渋滞は通過時間へは大きく影響を与えるが、走行に必要なエネルギー損失にはあまり影響が出ないという傾向が示された。

また、同じ時間帯でも運転者によってエネルギーの損失量が異なるということがわかった。16~17 時の時間帯で比較すると、被験者 A の方がエネルギー損失が多く発生していることが確認できる。そこでヒアリングを行ったところ、渋滞時にこの道路を回避していることがわかった。つまり同じ時間帯であっても、被験者 B のデータには渋滞時と非渋滞時のデータが含まれているのに対し、被験者 A のデータには非渋滞時のデータが多く含まれている。このことは図 11 上で、被験者 A のデータにおける空気抵抗成分の割合が多いことから伺うことができる。日々の走行ログを蓄積することで、このような運転スタイルの差とその効果を定量的に把握・比較することが可能となる。

5.3 V2X の効果予測

ECOLOGViewer を用いて、2013 年 2 月のデータ(図 8)から V2X 効果の推定を行った。この月には被験者 3 名による実験を行っていたため、その 3 名についての考察を行う。この 3 名の被験者はそれぞれ運転状況が違うため、日によって余剰電力量は大きく異なる。しかし日々の走行ログを蓄積することで、1 人でも通勤していれば最低 3.7kWh の電力量が余るという見込みを立てることができる。

別の研究で実測したあるオフィス環境における平均の使用電力量は約 40kWh/Day であり[23]、EV1 台の貢献で 10% の電力削減と同等の効果を得ることができる。このオフィスではすでに節電対策を行っているため、さらに 10%削減が可能となることは有用であると考えられる。

節電の対象は大きく分けて 2 つ存在し、1 つは前述に挙げた総量(kWh)であり、もう 1 つはピーク(W)である。そこでこの月のある一日について着目し、より詳細な考察を行った。

2 月 19 日には 3 名の被験者が通勤しており、計 11.3kWh の電力を V2X の効果として見込むことができる。そこで、その環境における 2 月 19 日の電力消費ログを検索した。さらに社会的な電力のピークとの関係を示すために、同日の電力会社の電力使用状況を調査した。

EV エネルギー消費ログとこれらの外部データを合わせて、V2X を適用した場合にどの程度の電力を賄うことができるのか検討を行った。結果のグラフ(図 12)から、電力需要の高い時間帯における使用電力の多くを V2X で賄えることが確認できた。本システムと実際の電力消費ログを組み合わせることで、より詳細な V2X 効果の推定が可能となる。

6. まとめ

本稿では、ECOLOG の DB に蓄積した運転ログを可視化するシステムの実装について述べた。さらに、大量に蓄積された運転ログに対して、道路上に存在するサグ部や高速道路を 1 つの集約単位とすることで、その区間でのエネルギー損失や

通過時間の傾向が見えることを示した。今後は可視化を行う集約単位や検索条件を増やし、より有益な情報を示すことを目指す。

また、本システムをデータロガーとして用いる端末からも利用可能にすることが必要となる。よって今後は、本システムをプラットフォームに依存しないシステムとして再度設計・実装することを目指す。

### 【謝辞】

本研究の一部は公益財団法人日産財団研究助成による。また、横浜国立大学大学院環境情報研究院共同研究推進プログラム「家庭における省エネ行動メカニズムの分析と効果的な対策の提案」、および同研究院基軸プロジェクト「信頼と納得の情報学」の支援を受けた。

### 【文献】

- [1] 経済産業省資源エネルギー庁エネルギー白書 2012, <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2012/>
- [2] 廣田幸嗣, 小笠原悟司編著, 船渡寛人, 三原輝儀, 出口欣高, 初田匡之著: “電気自動車工学”, 森北出版, 2010.
- [3] LEAF Web カタログ, 日産自動車, <http://ev.nissan.co.jp/LEAF/> (2013/05/21 アクセス)
- [4] 中上聡, 山本博巳, 山地憲治, 高木雅昭, 岩船由美子, 日渡良爾, 岡野邦彦, 池谷知彦: “車種別パターンを考慮したプラグインハイブリッドと電気自動車の導入評価”, エネルギー・資源学会論文誌, Vol.31, No.6, pp.7-15, 2010.
- [5] 内田晋: “電気自動車の電費から燃費への換算とその東日本大震災による影響”, エネルギー・資源学会論文誌, Vol.32, No.6, pp.14-18, 2011.
- [6] Willett Kempton, Jasna Tomic: “Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue”, *Journal of Power Sources*, Vol.144, pp.268-279, 2005.
- [7] Willett Kempton, Jasna Tomic: “Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy”, *Journal of Power Sources*, Vol.144, pp.280-294, 2005.
- [8] Sachin Kamboj, Willett Kempton, Keith S. Decker: “Deploying Power Grid-Integrated Electric Vehicles as a Multi-Agent System”, 10th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2011), pp.13-20, 2011.
- [9] Bernhard Jansen, Carl Binding, Olle Sundstrom, Dieter Gantenbein: “Architecture and Communication of an Electric Vehicle Virtual Power Plant”, 1st IEEE International Conference on Smart Grid Communications 2010 (SmartGridComm 2010), pp.149-154, 2010.
- [10] 太田豊, 谷口治人, 中島達人, Kithsiri M. Liyanage, 馬場旬平, 横山明彦: “ユビキタスパワーネットワークにおけるスマートストレージの提案 -電気自動車の自律分散型 Vehicle-to-Grid-”, 電気学会論文誌 B (電力・エネルギー部門誌), Vol.130, No.11, pp.989-994, 2010.
- [11] LEAF to Home, 日産自動車, <http://ev.nissan.co.jp/LEAFTOHOME/> (2013/05/21 アクセス)
- [12] Yuhe Zhang, Wenjia Wang, Yuichi Kobayashi, Keisuke Shirai: “Remaining Driving Range Estimation of Electric Vehicle”, 3rd IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC2012), pp.1-7, 2012.
- [13] EV・PHV タウン ベストプラクティス集, [http://www.meti.go.jp/policy/automobile/evphv/town/ste/best\\_practice.html](http://www.meti.go.jp/policy/automobile/evphv/town/ste/best_practice.html) (2013/05/21 アクセス)
- [14] 久村春芳: “スマートグリッドと連携した電気自動車 (EV) の技術動向”, 情報処理学会誌, Vol.54, No.4, pp.310-315, 2013.
- [15] Vincenzo Manzoni, Andrea Corti, Pietro De Luca, S. M. Savaresi: “Driving Style Estimation via Inertial Measurements”, 13th International IEEE Annual Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2010), pp.777-782, 2010.
- [16] 森川高行, 山本俊行, 三輪富生, 王立暎: “動的経路案内システム「PRONAVI」の開発と性能評価実験”, 交通工学, Vol.42, No.3, pp.65-75, 2007.
- [17] 秦康範, 鈴木猛康, 下羅弘樹, 目黒公郎, 小玉乃理子: “新潟県中越沖地震における通れた道路マップの提供とプローブカー情報の減災利用実現に向けた課題と展望”, 日本地震工学会論文集, Vol.9, No.2, pp.148-159, 2009.
- [18] 萩本真太郎, 河野弘樹, 笹田尚希, 出口達, 富井尚志: “スマートフォンを用いた自動車走行ログ収集と EV モデルに基づくデータベースの構築”, 情報処理学会研究報告, Vol.2012-DBS-155, No.20, pp.1-10, 2012.
- [19] 富井尚志, 萩本真太郎, 笹田尚希, 出口達, 河野弘樹, 出縄誠, 林拓也: “自動車の日常移動ログデータベースの構築と EV への置換えによる V2X 効果推定”, 第 11 回 ITS シンポジウム 2012, 1-B-08, 2012.
- [20] 笹田尚希, 萩本真太郎, 林拓也, 讃井峻, 富井尚志: “車載センサを用いた EV エネルギー消費ログ DB のモデル構築と V2X 効果推定”, 第 5 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2013), E2-1, 2013.
- [21] 数値地図 2500 (空間データ基盤), 国土地理院, <http://www.gsi.go.jp/geoinfo/dmap/dm2500sdf/> (2013/05/21 アクセス)
- [22] 辰巳浩, 大野雄作: “バスプローブデータを用いた路線バスの予想所要時間に関する基礎的研究”, 都市政策研究, Vol.9, pp.79-86, 2010.
- [23] 田島周平, 藤原国久, 高橋慶多, 細澤直人, 富井尚志: “電力使用状況を考慮した電力ログのラベリングに基づく消費電力可視化システム”, 第 5 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2013), D6-3, 2013.

### 出縄 誠 Makoto IDENAWA

横浜国立大学大学院環境情報学府博士課程前期在学中。2012 横浜国立大学工学部電子情報工学科卒業。マルチメディアデータベース, 時空間データベースの研究・開発に従事。情報処理学会, 日本データベース学会学生会員。

### 出口 達 Toru DEGUCHI

2013 横浜国立大学大学院環境情報学府博士課程前期修了。在学中はマルチメディアデータベース, 時空間データベースの研究・開発に従事。現在, NEC エンジニアリング株式会社に勤務。

### 富井 尚志 Takashi TOMII

横浜国立大学大学院環境情報研究院准教授。1999 横浜国立大学大学院工学研究科博士課程後期修了。博士(工学)。マルチメディアデータベース, 時空間データベースの研究に従事。情報処理学会, 電子情報通信学会, 映像情報メディア学会, 日本データベース学会正会員。