

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

出縄 誠† 出口 達† 富井 尚志††

† 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

〒 240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7

†† 横浜国立大学大学院環境情報学研究院

〒 240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7

E-mail: †{idenawa-makoto-xm,deguchi-toru-mk,tommy}@ynu.ac.jp

あらまし 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。本論文では、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 への置き換え効果を可視化する。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を確認した。

キーワード 可視化, 電気自動車, V2X (Vehicle to X), データベース, 運転ログ, 消費エネルギー推定

A Visualization System using the Database of Electric Vehicles' Energy Consumption and a Showing of Information on the base of Driving Situations

Makoto IDENAWA†, Toru DEGUCHI†, and Takashi TOMII††

† Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

79-7 Tokiwadai, Hodogaya, Yokohama, Kanagawa, 240-8501 Japan

†† Faculty of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

79-7 Tokiwadai, Hodogaya, Yokohama, Kanagawa, 240-8501 Japan

E-mail: †{idenawa-makoto-xm,deguchi-toru-mk,tommy}@ynu.ac.jp

Abstract 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 effectiveness of replacing an existent vehicle with an EV. For example, we can know tendencies of roads on which we often lost electric energy. For validating efficacy 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.

Key words Visualization, Electric Vehicle, V2X (Vehicle to X), Database, Driving Log, Estimation of Consumed Energy

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行や、化石燃料の枯渇問題などから省エネルギー化に対する要求

が高まっている。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].

そこで道路交通分野では、省エネを実現するモビリティとして電気自動車 (Electric Vehicle: EV) 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持ち、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に供給する 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事業所で利用する V2B (Vehicle to Building) がある。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 が日々どの程度の電力を消費するのかがわからなければ V2B として取り出す電力量の最適値を知ることができない。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ってしまう恐れがあり、取り出す電力量が少なければ V2B の効果自体が少なくなってしまうジレンマが存在する。

また、EV の普及に際して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。初期導入コストの面ではバッテリーが価格の大半を占めており、同クラスのガソリン車の 2 倍程度のコストが必要になる。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事が挙げられる。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事が多く、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、運転に必要なエネルギー量の推定やドライバー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応した場合、EV に置き換えた際の効果を計ることができる。

2. 研究背景

2.1 先行研究

2.1.1 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。例えば日産の LEAF は 24kWh のバッテリー容量を持ち、最大 200km の走行が可能とされる [2] [3]。EV の特徴としては燃料コストが低いこと、走行時に二酸化炭素を排出しないことが挙げられ、今後の普及が期待されてい

る [4] [5] [6]。

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 (Vehicle to X) という技術が注目されている。Kempton ら [7] [8] は V2G をアメリカの電力市場に投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 [9] 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 [10] は既存の電力網に V2G を投入した際、V2G が果たす役割について論じた。太田ら [11] は EV を家庭の電力網に接続することで、再生可能エネルギーのような不安定な電源の補助として活用できることを検証した。また昨年には日産自動車が LEAF to Home [12] 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 [13] はテレマティクスシステムの中でも重要な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 EV の普及とともに官民が協力して解決すべき課題といえる [20]。

2.1.2 センシングと可視化

近年の情報技術の発達により、GPS や加速度センサのようなセンサ類を搭載した高度で安価な情報端末が登場した。これにより、いつでもどこでも誰でも計算機の恩恵を受けられるユビキタス環境が実現された [14]。

その発展として、前述のセンサ類を自動車に搭載することで自動車自体を一つのセンサとする「プローブカー」に関する研究も行われている。Manzoni ら [15] はバスのような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エネルギー消費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。松本ら [17] は道路状況を集約する単位として、幹線道路のリンク構成に着目し、基本区間を道路の特性から設定することを提案した。堀口ら [18] はマスメディアによるブロードバンド放送に向けた、プローブデータを利用したエリア交通流動性の提示手法を提案した。秦ら [19] は新潟県中越沖地震において、プローブカーのリアルタイム情報を用いた「通れた道路マップ」を実際に試験提供することで、プローブカー情報を減災目的に利用した。

近年、GPS や加速度センサを搭載したスマートフォンが登場し、これを用いることで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することで自動車走行ログの収集を行った [21]。さらに、収集した運転ログに対して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の構築を行った [22] [23]。このデータベースに利用手段の 1 つとして、蓄積

されたデータを可視化するシステムの設計・実装を行った [24].

2.2 本研究で解決すべき課題

本研究では、前節で述べた可視化システムを利用し、大量に集められたログから EV への置き換え効果を見える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、実際に収集したデータを用いて検証する。1年以上に渡って収集したデータから同じ地点を走行したデータを検索し、エネルギー消費や通過に必要な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。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、データベースに蓄積する。データベース内ではセンサデータに対して補正を行い、消費エネルギーの推定が行われる。推定された消費エネルギーは 1 秒単位に正規化され、時刻や緯度経度等のデータとともに 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。システムの利用者はこのテーブルに対して検索を行うことで、高速にデータにアクセスする事が可能になる。その検索結果を利用者に提示する可視化システムを ECOLOGViewer と名付けた。

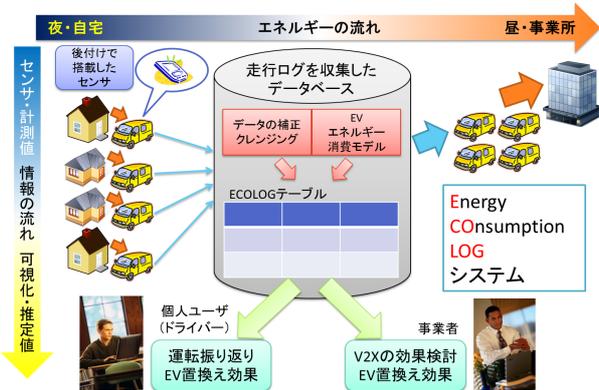


図 1 ECOLOG システムの全体像

ECOLOG		主な属性の説明
PK_FK5	TIME_ID	※ すべて瞬時値(1秒区間値)
FK1	FK2	
DRIVER_SENSOR_ID	CAR_ID	• トリップIDと日時(主キー)
LATITUDE	LONGITUDE	• 緯度・経度(GPSで計測)
SPEED	HEADING	• 速度(GPS他から計測)
DISTANCE_DIFFERENCE		• 地点別標高差(地図から計測)
TERRAIN_ALTITUDE		• 進行方向加速度
LONGITUDINAL_ACC		(加速度センサで計測・補正)
LATERAL_ACC		• 空気抵抗による損失
VERTICAL_ACC		• 転がり抵抗による損失
ENERGY_BY_AIR_RESISTANCE		• 登坂抵抗に対するエネルギー
ENERGY_BY_ROLLING_RESISTANCE		(位置エネルギーとして回収可能)
ENERGY_BY_CLIMBING_RESISTANCE		• 加速抵抗に対するエネルギー
ENERGY_BY_ACC_RESISTANCE		(運動エネルギーとして回収可能)
CONVERT_LOSS		• 力行時のエネルギー変換損失
REGENE_LOSS		• 回生時のエネルギー変換損失
REGENE_ENERGY		• 回生エネルギー
LOST_ENERGY		• エネルギー損失の総和
EFFICIENCY		• モータの変換効率
CONSUMED_ELECTRIC_ENERGY		• 電気エネルギー消費量の総和
MESH_ID	LINK_ID	
FK3	FK4	
SEMANTIC_LINK_ID		

図 2 ECOLOG テーブル

3.2 ECOLOGViewer の設計

ECOLOGViewer の設計については、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なっている。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パワーが発生するのかを示している。更に、縦軸をエネルギーにし EV のバッテリーからエネルギーがどのように消費されていくのかを示したグラフを作成し、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。

ドライバーの感覚の可視化

ドライバー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それぞれの感覚を持っている。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、運転改善の正しい判断基準にはなっていない。そこで ECOLOGViewer では毎日収集した運転ログを用いた可視化を行うことで、このようなドライバーの感覚をデータで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 システムの利用者は、ECOLOG データベースに対して様々な検索を行う事が考えられる。そこで、ECOLOGViewer ではあらかじめ有用な定型クエリを用意しておくことで、利用者に特別な知識を要求することなく情報を提示することが求められる。また、提示する情報や集約の単位、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

毎日の通勤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。集約の単位として交差点から交差点を 1 つの単位とした物理的な道路リンクを用いることで、道路ごとの傾向を知ることができる。更に、道路リンクの集合を 1 つの単位とするセマンティックリンクを定義することで、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

個人ドライバーは ECOLOG に蓄積された日々の運転ログから自身の運転を振り返りや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、提供可能な電力量を推定するために複数台の EV の総余剰電力量を把握する必要がある。ECOLOGViewer では ECOLOG データベースの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 への置き換え効果

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げられる。そこで本研究のシステムでは、ガソリン車に対して EV のエネルギー消費モデ

ルを適用することでEVへの置き換え効果を推測することができる。ECOLOGYViewerでは、ガソリン車をEVに置き換えた時の燃費改善効果や余剰電力量を個人のライフスタイルを考慮してシミュレーションすることができ、家庭や事業所におけるEVの普及を促す。

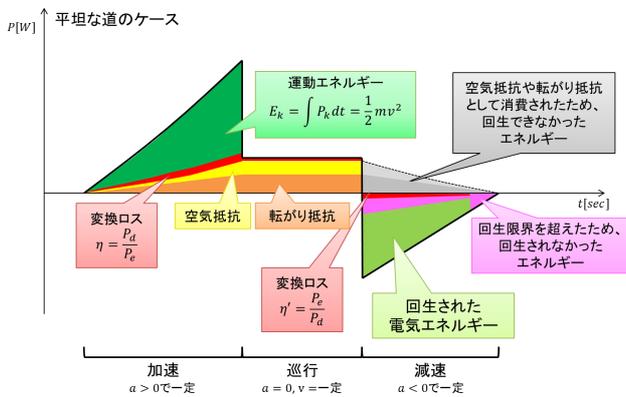


図3 パワーグラフ

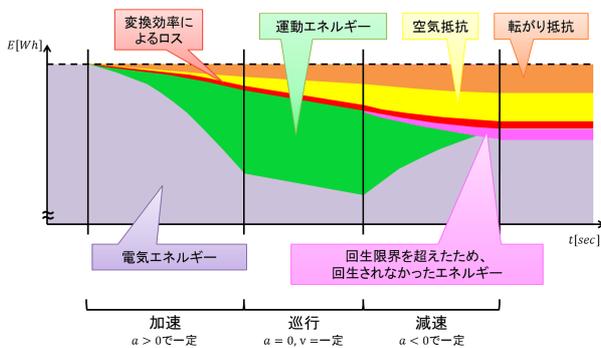


図4 エネルギーグラフ

4. ECOLOGYViewerの実装

4.1 ECOLOGYViewerの基本的な画面

本説では、ECOLOGYViewer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基本的な画面を図5に示す。この画面では、1回の運転(以降、トリップと呼ぶ)の詳細な振り返りを行う。運転者は、GoogleMap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。地図上の消費エネルギーは赤色の面積で表され、平均を示す青色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(緑線の幅が標準偏差を表す)。地図上に表示する値は、消費エネルギーやエネルギーロスの他、速度や加速度等を簡単に切り替えることができようになり、運転者の振り返りを補助することができる。更に、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、エネルギー消費が回収可能なものであ

たか否かや、エネルギー消費の主要因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、その日の往復トリップ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V2X提供可能上限とした。



図5 運転者向け画面

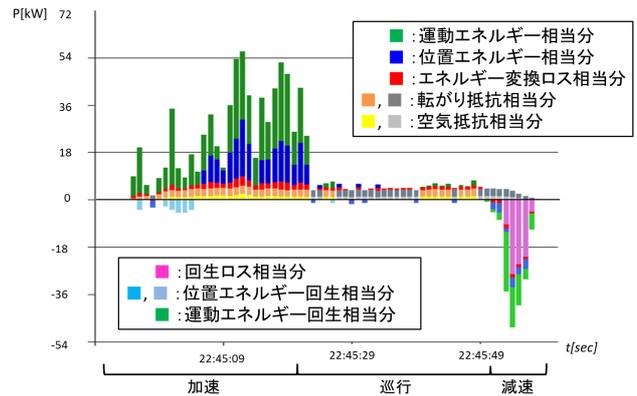


図6 実データから作成したパワーグラフ

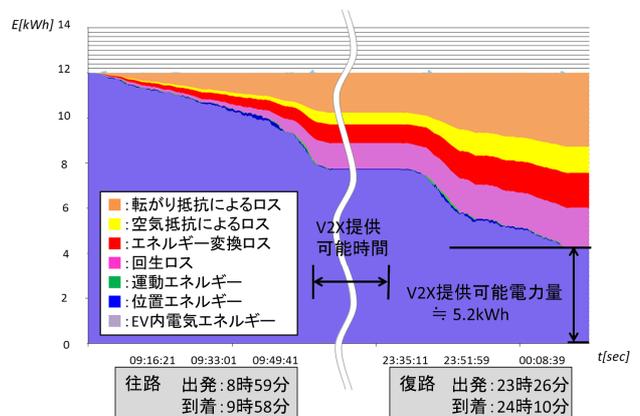


図7 実データから作成したエネルギーグラフ

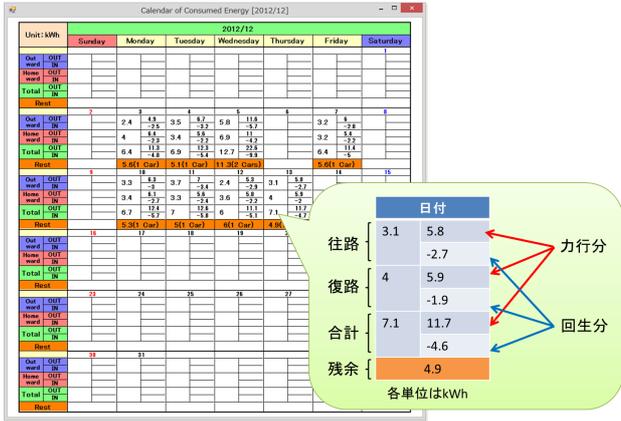


図 8 V2X 提供可能量推定カレンダー

4.2 セマンティックリンク

これまでの我々の研究では、地点毎の集約を行うために国土地理院が定義した道路リンク [25] を用いていた。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、運転者が実際に燃費や通過時間を考えている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集約単位としてセマンティックリンクという単位を定義した。セマンティックリンクは複数の道路リンクの集合であり、高速道路区間や運転者が興味を示している区間等を元に作成を行った。図 9 は道路上に存在するサグ部を 1 つのセマンティックリンクとしたものである。このセマンティックリンクは 13 個の道路リンクの集合であり、これを集約の単位とすることでこのサグ部に関する情報を示すことが可能となる。

更に、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 (図 10)。この画面では、セマンティックリンクの地図や、集約を行う条件 (セマンティックリンクや運転者、自動車等の各 ID) が表示される。また、表示したいグラフの設定の設定を UI 上で行う事で、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。表示可能なグラフの種類としては、散布図、頻度分布、棒グラフを用意した。



図 9 定義したセマンティックリンクの例

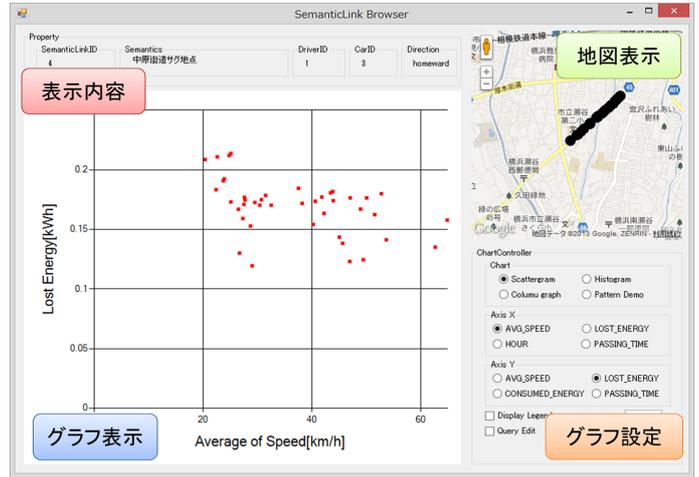


図 10 セマンティックリンク集約表示画面

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 11 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と言われている。この被験者の場合でも、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事であり、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程度であったのかを図 11 から知ることができる。

さらに被験者へヒアリングを行ったところ、この区間を走行する際の状況は 2 つのパターンに分類できる事がわかった。このサグ部にはいくつかの信号があり、最初の 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、赤信号で停車してしまった場合には後の信号まで赤信号でストップアンドゴーを繰り返さなくてはならなくなる。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、パターン分類を加えた可視化を行った。

この 2 つのパターンを「青パターン」、「赤パターン」と名付け、蓄積されたデータの一部に対してヒアリングを基に分類を行い、頻度分布を作成した (図 12)。また図 12 において、青・赤パターンのどちらにも属さない走行を「黄パターン」とした。図 12 から、赤パターンに陥ってしまった場合にはエネルギーロスが多く出る傾向があることがわかった。全体の傾向として青・黄パターンが多いのは、被験者がこのパターン分類を知っておりできる限り青パターンになるような運転を行なっているからである。

それぞれのパターン毎にエネルギーロスの平均を求めたとこ

ろ、青パターン平均は 0.15kWh、黄パターン平均は 0.16kWh、赤パターン平均は 0.19kWh であった。この差の原因は、赤パターンの場合にはストップアンドゴーを繰り返すことで、停車・発進時に発生するロスがより多く計上されたからであると考えられる。トリップ全体で消費されるエネルギーに対して 0.04kWh の削減量はかなり小さく、EV の場合にはサグ部の改善効果はガソリン車に比べると低いことがわかった。しかし毎日この道路区間を走行することを考えれば、月や年単位では無視できない量となる事は十分に考えられる。

また、通過時間とエネルギーロスの関係を散布図を用いて可視化したところ (図 13)、赤パターンの走行では他のパターンよりも通過時間が長いことがわかった。通過時間が長くなれば、ライトやエアコン等の電装品を使用している場合にはより多くのエネルギーを損失することが見込まれる。すなわち、この道路区間を EV で走行する際には「エネルギー損失の事をあまり考えずに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。本システムによる可視化を行うことで、運転者が納得のできる運転行動の選択を行う補助が可能となることが確認できた。

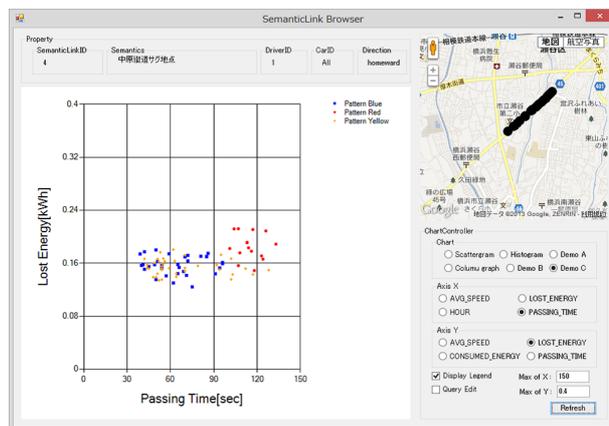


図 13 サグ部を通過するための時間とエネルギーロスの関係

5.2 高速道路でのエネルギー消費

ある高速道路の一部分をセマンティックリンクとして、このセマンティックリンクについての可視化を行った。このセマンティックリンク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。被験者へのヒアリングから、この高速道路は通勤ラッシュ時には混雑していることが多く、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 [26] ことから、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 14)。

この結果から、必ずしもラッシュアワーでエネルギーを多く損失する訳ではない事がわかった。車の流れがスムーズな場合には、高速走行を行うことで空気抵抗によるエネルギーの損失が発生する。被験者 A の場合、深夜帯では渋滞が発生していないためスムーズに走行することはできるが、空気抵抗によるエネルギーロスが多く発生していたことがわかった。つまり EV での走行を考える場合には、渋滞は通勤時間へは大きく影響を与えるが、エネルギーの損失にはあまり影響が出ない事が確認できた。

また、同じ時間帯であっても運転者によってエネルギーロスの発生量が異なるという事がわかった。16~17 時の時間帯で 2 人の被験者を比較すると、被験者 A の方がエネルギーロスが多く発生していることが確認できる。そこで被験者 A へヒアリングを行ったところ、被験者 A はラッシュアワーに帰宅する際に VICS の渋滞情報を見て渋滞が確認できた場合には、この高速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とになる。この事は図 14 上で、被験者 A のデータにおける空気抵抗成分 (黄色) の割合が多い事からも伺うことができる。日々の運転ログを貯めることで、このような運転スタイルの差を見つけることが可能となる。

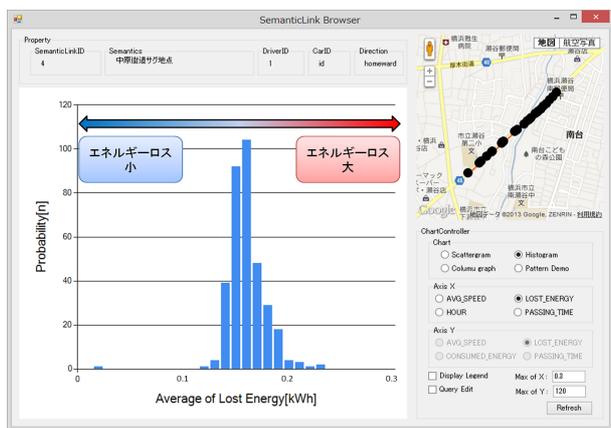


図 11 サグ部を通過するために必要なエネルギーロスの頻度分布

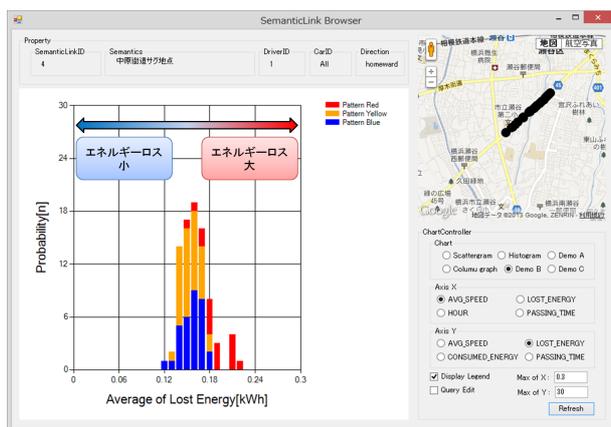
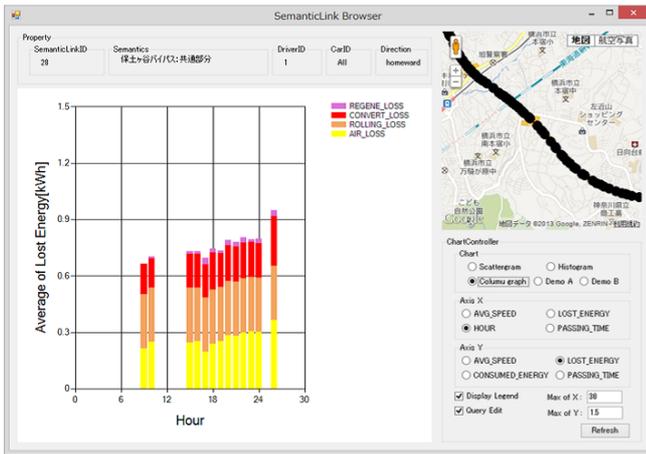
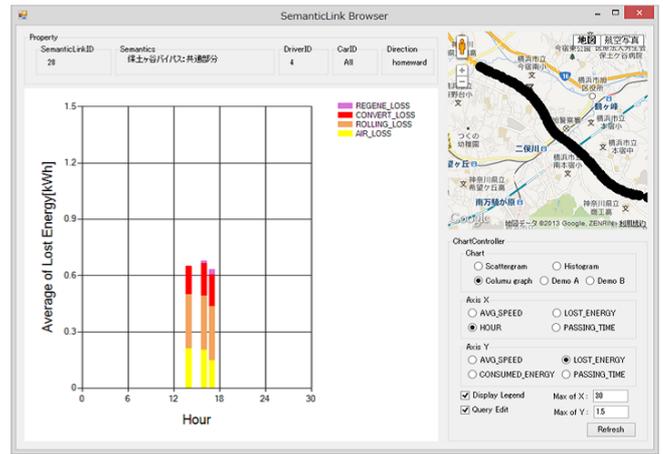


図 12 サグ部を通過するために必要なエネルギーロスの頻度分布 (パターン分類済)



被験者A



被験者B

図 14 ある高速道路における通過時刻とエネルギーロスの関連

5.3 V2X の効果予測

ECOLGViewer のカレンダー表示を用いて、2012 年 11 月の実際のデータ (図 15) を用いて V2X 効果の推計を行った。この月には被験者 3 名による実験を行っており、その内のデータが取得できた 2 名についての考察を行う。1 日平均の V2X 提供可能電力量を求めたところ、1 名通勤の場合には 5.0kWh、2 名通勤の場合には 11.0kWh (1 台換算にすると 5.5kWh) の電力量が余ることが見込まれる。すなわち、この 2 名が EV に乗り換えた場合には、毎日 1 人辺り 5.0~5.5kWh の電力を V2X のために利用できることになる。

別の研究 [27] で実測したオフィス環境における 1 日の使用電力量は約 40kWh であり、この値と比較した場合 1 台の貢献で 10%以上の電力削減と同等の効果を得ることができる。このオフィスでは既に節電対策を行っているため、節電の結果である 40kWh から更に 10%の削減が可能となる事は非常に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。日中の電力と夜間の電力には価値の差が有り、社会的に電力を多く消費する日中にはピーク対策が重要となる。

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。11 月 29 日には 2 名の被験者が通勤しており、計 10.4kWh の電力を V2X の効果として見込むことができるという予測が立つ。そこで、通勤先のオフィス環境における 11 月 29 日の電力使用状況を計測した。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。それらを合わせたところ、16 時~19 時の社会的ピークの時間帯にこの環境では多くの電力を使用していることがわかった。

本システムから得られたデータと外部データを合わせて、

V2X を適応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。今回はピークシフトを行う 4 時間の間に 10.4kWh の電力を均等に供給し、1 時間辺り 2.6kWh の電力を賄うことができた場合を考える。この 2.6kW の電力は、日産 LEAF (最大出力 80kW) を想定する場合には十分提供可能な電力であると言える。

結果として得られたグラフ (図 16) から、ピーク時における使用電力のほとんどを賄うことができる事が確認できた。このように本システムと実際の電力使用状況を同時に見る事で、より詳細な V2X の効果を推計することが可能となる。

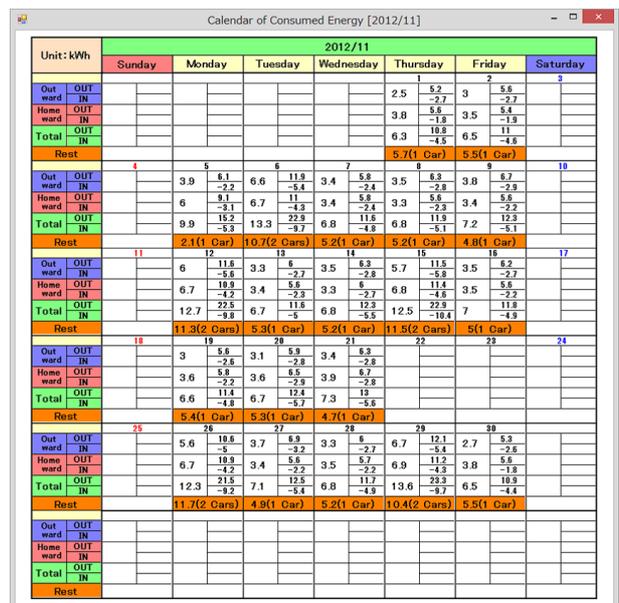


図 15 2012 年 11 月の V2X 効果予測カレンダー

2012/11/29 tommylab消費電力
(Total: 40.4 kWh, EV余剰電力量:10.4kWh)

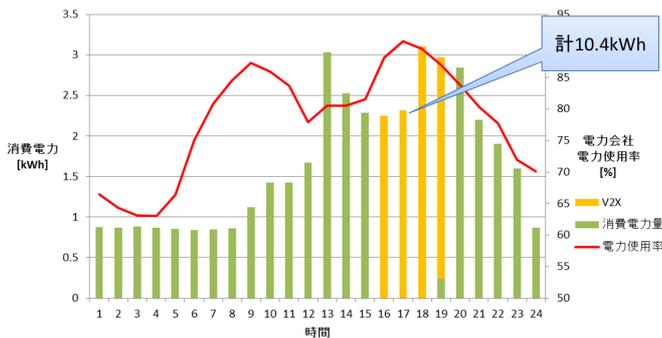


図 16 2012 年 11 月 29 日の V2X 適用結果

6. まとめ

本稿では、ECOLOG データベース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。更に、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事で、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事を示した。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] 日産 LEAF Web カタログ, <http://ev.nissan.co.jp/LEAF/>
- [4] 自動車技術ハンドブック 第 10 分冊 設計 (EV・ハイブリッド) 編, 自動車技術ハンドブック編集委員会, 自動車技術会, 2011.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] W. Kempton, J. Tomic, “Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue”, Journal of Power Sources, Vol.144, Issue.1, pp.268-279, 2005.
- [8] W. Kempton, J. Tomic, “Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy”, Journal of Power Sources 144, pp.280-294, 2005.
- [9] Sachin Kamboj, Willett Kempton, Keith S. Decker, “De-

playing Power Grid-Integrated Electric Vehicles as a Multi-Agent System”, In Proceedings of the Tenth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2011), pp.13-20, 2011.

- [10] Bernhard Jansen, Carl Binding, Olle Sundstrom, Dieter Gantenbein, “Architecture and Communication of an Electric Vehicle Virtual Power Plant”, Smart Grid Communications (SmartGridComm), 2010 First IEEE International Conference on, pp.149-154, November, 2010.
- [11] 太田 豊, 谷口 治人, 中島 達人, K. 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.
- [12] 日産 LEAF to Home, <http://ev.nissan.co.jp/LEAFTOHOME/>
- [13] Yuhe Zhang, Wenjia Wang, Yuichi Kobayashi, Keisuke Shirai, “Remaining Driving Range Estimation of Electric Vehicle”, Electric Vehicle Conference (IEVC), 2012 IEEE International, pp1-7, 2012.
- [14] 清水 隆司, 古賀 浩史, 富井 尚志, “大量の RFID データを扱う概念共有環境 CONSENT の運用による実用性の評価”, 日本データベース学会論文誌, Vol.8, No.1, pp.41-46, 2009.
- [15] Vincenzo Manzoni, Andrea Corti, Pietro De Luca, S. M. Savaresi, “Driving Style Estimation via Inertial Measurements”, 2010 13th International IEEE Annual Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2010), Madeira Island, Portugal, pp. 777-782, 2010.
- [16] 森川 高行, 山本 俊行, 三輪 富生, 王 立曉, “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, May, 2007.
- [17] 松本 俊輔, 上坂 克巳, 大脇 鉄也, 古川 誠, “全国の幹線道路を対象とした交通調査の基本となる区間の導入”, 土木計画学研究・講演集, Vol.43, 2011.
- [18] 飯島 護久, 堀口 良太, “プローブデータに基づくエリア流動性情報提供に関する研究”, 第 9 回 ITS シンポジウム 2010 予稿集, pp.1-4, December, 2010.
- [19] 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.
- [20] EV・PHV タウンベストプラクティス集, http://www.meti.go.jp/policy/automobile/evphv/town/state/best_practice.html
- [21] 萩本 真太郎, 河野 弘樹, 笛田 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”, 第 155 回データベースシステム研究発表会.2012.11.
- [22] 富井 尚志, 萩本 真太郎, 笛田 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-08,2012.12.
- [23] 笛田 尚希, 萩本 真太郎, 出口 達, 富井 尚志, “電気自動車の走行ログを蓄積する DB の構築と EV 消費電力推定手法”, 第 4 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2012), C6-4, 2012.3.
- [24] 出口 達, 出縄 誠, 富井 尚志, “電気自動車の運転ログを用いた多様な状況提示システムの実装と評価”, 第 11 回 ITS シンポジウム 2012,2-C-01,2012.12.
- [25] 国土地理院, <http://www.gsi.go.jp/>
- [26] 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, 第 9 号, pp.79-86, 2010.
- [27] 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, 2013.3.