

# 自転車利用分析のためのWeb地図を用いたGPS軌跡分析用コンテンツの開発\*

## Development of analysis system for bicycle touring track with Web Map API.\*

松葉 碧\*\*・西田純二\*\*\*・上善恒雄\*\*\*\*・大田香織\*\*\*\*\*

By Midori MATSUBA\*\*・Junji NISHIDA\*\*\*・Tsuneo JOZEN\*\*\*\*・Kaori OTA\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

兵庫県篠山市で行われた社会実験「丹波篠山えこりんプロジェクト」では、電動アシスト自転車のレンタルサイクルの際に一緒に貸し出したGPSロガーから、利用者の特性を探るためにログデータを収集し、走行経路の解析を行っている。GPSロガーのデータを分析する際、個人ごとのログデータを一つ一つ確認し利用者のデータを比較するのは手間と時間がかかり、他のデータとの比較が行いにくい。そこで利用者毎の経路を表示し、複数のデータを比較できるデータベース型解析システムがあると経路特性の情報分析が行いやすくなる考えた。

このシステムは汎用性があり、誰でも使いやすい地図として Googleマップを利用した。GPS軌跡分析用コンテンツの開発により視覚的にわかりやすい経路特性の分析を行うことが可能となった。

本論文では、えこりんプロジェクトで開発したGPS軌跡分析用コンテンツの概要を述べ、システムを活用して分析した利用者の走行経路の特徴について報告する。さらに本分析コンテンツの将来展望として、利用者が走行軌跡のログを残すことで、他の利用者とログ情報を共有すれば、観光地におけるゲーム性のある走行・回遊イベントなどで広く活かすことが出来るのではないかと考え、その可能性について言及する。

\*キーワード：公共交通計画、歩行者・自転車交通計画

\*\* (株) 社会システム総合研究所  
(神戸市中央区下山手通5丁目7番15、  
TEL078-361-6323, FAX078-361-6307)

\*\*\*正員、(株) 社会システム総合研究所  
(神戸市中央区下山手通5丁目7番15、  
TEL078-361-6323, FAX078-361-6307)

\*\*\*\*博(工)、大阪電気通信大学  
(大阪府四條畷市清滝1130-70、  
TEL072-876-5321, FAX072-876-3321)

\*\*\*\*\* (株) 社会システム総合研究所  
(神戸市中央区下山手通5丁目7番15、  
TEL078-361-6323, FAX078-361-6307)

### 2. えこりんプロジェクトの概要

本プロジェクトは、経済産業省の低炭素地域づくり面的対策推進事業の適用を受けて実施した。事業名称の通り、CO<sub>2</sub>削減のための実証実験として実施したものであり、中心になっているのが電動アシスト自転車によるレンタルサイクル「えこりん」である。

事業を実施した篠山市は、図-1のとおり兵庫県の中東部に位置し中心市街地は主要駅となるJR福知山線篠山駅から約5km離れている。篠山駅は神戸・大阪から1時間ほどの時間距離にある。市街地へは舞鶴自動車道丹波篠山ICから10分と自動車での交通利便性が高く、来街者の80%以上は自動車を利用している。

篠山市では自動車交通に過度に依存しないまちづくりを志向し、自動車から公共交通と自転車への転換を目指した。街中の交通環境の改善を目指す一環として、レンタルサイクル事業の導入を進めることとし、GPSロガーはこの電動アシスト自転車レンタルサイクルの走行軌跡を把握するために導入したものである。



図-1 兵庫県篠山市の位置

えこりんプロジェクトは、レンタルサイクル事業に関連して、次のような7つの取り組みを同時に実施した。

- ① 電動アシスト自転車を用いたレンタルサイクル事業
- ② 電動アシスト自転車のバッテリー充電・貸出・鍵の自動管理システム

- ③ 太陽光パネルによるバッテリーの充電システム
- ④ GPSロガーによる自転車移動履歴データの収集解析
- ⑤ レンタサイクルと連動したエコポイントカード
- ⑥ 環境行動変容を促すモビリティ・マネジメント
- ⑦ 公共交通利用促進のためのバス案内情報システム

### 3. GPSロガーと機器の貸し出し

自転車にGPSロガーを搭載し、走行路線・走行エリアを把握する試みは、いくつかの社会実験でも取り組まれている。昨今のGPSロガーの性能は非常に良く、訪問した店舗の個別名や滞在時間、道路のどちらの歩道寄りを走ったかという情報まで把握ができる。

しかしながら個人情報の取得の面では逆に注意が必要であり、利用者の理解と個人情報取得・利用に関する同意を得てデータギャザリングを行う必要がある。そこでえこりんプロジェクトでは、GPSロガーにハンディナビ機能を持つ写真-1のような“GARMIN社Trek LegendHCx”を採用した。本機器を採用した理由は下記のとおりである。

- SDメモリを内蔵でき、そこに地図データやGPS軌跡データ等を格納できるため、詳細で広域の地図を表示することが可能であること
- 海外製ではあるが、操作画面も日本語化されていること
- 民生用として自転車による移動時のナビ機能が搭載されていること
- 単三電池(2本)で利用でき、利便性・柔軟性が高いこと
- 稼働時間が最大約25時間と他製品より長いこと

この機器はGPSロガーとしての機能に加えてルート案内ができるナビ機能を有しているため、あらかじめ観光スポットやエコポイント提携店舗などを登録しておくことで、利用者にも便利なサービスとなる。貸し出しの際には、利用申込書にサインをしていただき、この時に個人情報の取得と利用についても同時に承認を取ることとした。



写真-1 GPSロガーと利用の様子

GPSロガーは当初、ハンドルに固定して利用するよう準備を進めたが、ロガーを操作しながら自転車を運転する

と大変危険である。運転中の危険防止に注意すること、という警察の意見を受け、首から吊り下げて利用をしてもらうようにした。こうすることで、貸出中の盗難もなく、電池の入れ替えなどの作業も効率的になった。

このように利用者の理解を得て首から吊り下げる、あるいはバッグに入れて携帯する方法は他の社会実験でも活用できる貸出方法であると考える。

GPSロガーは、貸出の際に図-2で示す使い方を説明するパンフレットとともに手渡した。



図-2 GPSロガー（ハンディナビ）パンフレット

GPSロガーを携帯した「えこりん」利用者には、レンタサイクルの返却時と一緒に、「ハンディナビ(GPSロガー)」も返却していただいた。「ハンディナビ」は、9時からレンタルを開始するが、返却時刻を17時までと設定していたので、最大8時間の記録を行うことができる。

返却された「ハンディナビ」は、すぐに現地でノートパソコンにUSBで接続し、GPX形式のテキストファイルとして自転車走行軌跡データをセンターサーバに保存した。この自転車走行軌跡データをサーバにアップロードした後は、「ハンディナビ」を次の利用者が記録を開始できるように軌跡データのメモリの初期化を行った。

自転車走行軌跡データをftpでサーバにアップロードした後に、前処理のためにCGIで作成したデータ前処理プログラムをWebブラウザ経由で実行すると、それ以降、利

用者は個人ごとに割り当てられたWEBページにログインすることで、自分の走行履歴を地図上で確認することができる。

本システムは、データ解析を目的とする事業実施側にとってのデータ解析の効率向上を目指す一方で、ギャザリングしたデータを利用者に開示することで、利用者は自分自身の自転車走行経路や立ち寄り先を確認することができるように構築をしたものである。

図-3には利用者がWEBページから走行軌跡を確認する時の画面例を示している。

**エコへるdeおでかけ**  
丹波篠山

kanko.odakemm.net  
[ログアウト]

エコへるde篠山 入力画面

登録日	CO2削減量	消費カロリー	GPSログ
2009-08-15	3387 g	518 kcal	<a href="#">25.54kmの走行軌跡を見る</a>
2009-08-16	10080 g	1,542 kcal	<a href="#">39.45kmの走行軌跡を見る</a>
2009-08-17	8400 g	1,285 kcal	<a href="#">82.99kmの走行軌跡を見る</a>
2009-08-23	2800 g	428 kcal	---
2009-11-04	14657 g	1,336 kcal	---
2009-11-06	9166 g	444 kcal	---
2009-11-13	1344 g	444 kcal	---
<b>累積削減量</b>	<b>49834 g</b>	杉の木 1311本が吸収するCO2に相当	

[戻る](#)

※GPS ログに表示がある部分は、GPSの軌跡データが記録されていることを意味する

図-3 利用者確認ページ

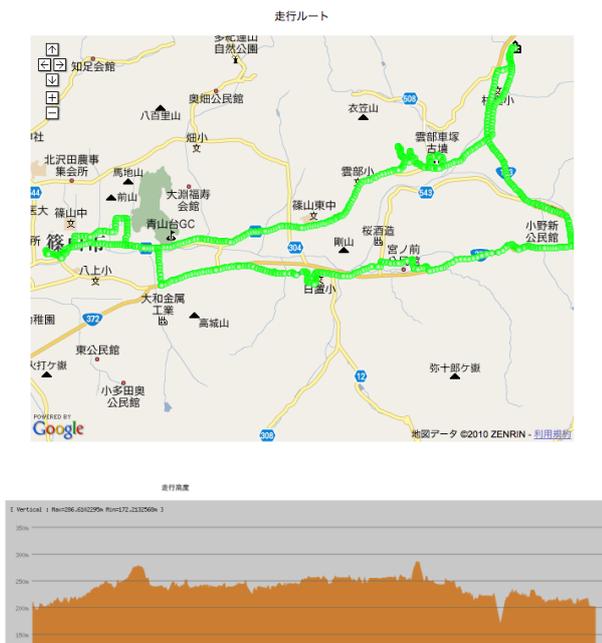


図-4 利用者用走行軌跡表示ページ

#### 4. GPSロガーのデータ記録方式と目的地の登録

##### (1) 走行経路の記録方式

GPSによる走行経路の記録は、緯度経度、高度、時刻がGPXフォーマット(XMLによる標準形式)により行われる。サンプリング間隔は、10秒に一度に設定している。これは、地図上に可視化したときに、おおまかな速度が直感的に把握できるようにすることを目的として設定値を決定した。

##### (2) 目的地登録のための協調作業支援システム

GPSロガーをハンディナビとして利用するには、目標とする地点を登録しておく必要がある。この機能を利用するにあたり、本機を直接操作して登録する方法もあるが、本社会実験で用意した40台の「ハンディナビ」すべてに、100ヶ所近いポイントを手動で設定していくことは現実的ではない。そこで、WayPointと呼ばれるナビゲーション目的地は、GPSデータのXMLによる標準形式であるGPX形式のテキストファイルにしてUSB経由でハンディナビに読み込ませることとした。

その際、これら100ヶ所近いポイントの最適位置を調査・登録するには、地元の地域を熟知している(社)ノオトや篠山市関係者等との連携・協働のもとで進めていく必要があるため、目的地の登録のために現地調査等を行っている人たちが一緒に位置設定・調整を行うことのできるシステムを開発した。この結果、最終的に登録された目的地は89ヶ所となり、サイクルポート、自転車修理/サポート拠点、交番/警察、名所/観光スポット、えこりん提携店舗、その他の有名店や観光スポットという分類で計89ヶ所を選出し、登録を行った。

Sasayama Spots

Overview:GPSMAP.txt

日本, 兵庫県篠山市北郡別府7

Waypoint List:

ID	Name	Lat	Lon
002	no tagamy	35.07175522176	135.22602170795
003	丹波篠山江戸本道	35.07268088051	135.22323118483
004	篠山城大書院	35.072401051992	135.21718919077
005	篠山農文社	35.07527170523	135.21611630918
006	大正ロマン館	35.075906554916	135.21706044673
007	うずまさ屋	35.075162414751	135.21301050623
008	西沢アトリエ工芸工房 (カフエ茶室)	35.075180905978	135.21301835775
009	ザットラック本舗	35.075112149793	135.21428704261
010	安永史料館	35.071819183200	135.21425217390
011	一公庵	35.086242612533	135.213150463245
012	東山山荘 (養神園 (養真山))	35.1035179837996	135.24249826232
013	丹波の木	35.077262710311	135.24278818561

図-5 Google Maps API によるWayPoint調整システム

なおGPSロガーの貸出運用中に、利用者の誤操作などの理由により、登録したWayPointが消される事例も起きたため、毎回WayPoint登録状況を確認するという作業を行ない、消失している場合は再登録を行った。

## 5. クラウド型のWEBベース走行軌跡解析システム

大量のGPS走行軌跡データを、どのように簡単にわかりやすく表示させ特徴把握を行い、また多数のデータを比較分析するかを考えた際、複数のデータを図化し比較分析ができるデータベースと連動した解析システムは必須である。また、本プロジェクトの関係者は京阪神全域に地理的に分散し、それぞれ別の拠点で活動をしているため、一ヶ所に集まって分析作業を行うことは現実的ではない。このためシステム構築にあたっては、インターネット経由で汎用ブラウザを用いて解析ができるクラウド型システム（WEBコンテンツ）として構築を行うこととした。本システムは、今後さまざまなGPSロガーの解析システムとして汎用性を持つため、以下でその概要を紹介する。また地図表示においては、Google Maps APIを利用することで地図版権費用が発生しないことも特徴の一つとなっている。

### (1) 個人属性データベースとの交差分析

自転車の利用軌跡を分析するに当たり、利用者の個人属性として、①利用日時 ②利用者居住地（郵便番号）

③性別 ④年齢のデータを利用申込書からデータベースに入力を行う。GPSロガーのログデータはこれらの個人属性データとともにセンターサーバのデータベースに格納され、解析できる。なお個人情報保護の観点から個人氏名は入力せず、利用者ごとの会員カードに割り振られたユニークなコードである「えこりんカード番号」をデータベースのレコードIDとして用いることとした。

ハンディナビ利用申込書			
ハンディナビを利用の際は、規約及び説明書の使用方法を遵守いたします。			
フリガナ	中井 由マ マルイノ	性別	年齢
氏名	篠山 まるいの	♀	10代・20代・30代・40代・50代・60代・70代以上
住所	〒669-2397 兵庫県 姫路市 北新町 41		
電話	079-552-1111	返却予定時刻	17時頃
本申込書にご記入いただいた内容は統計的に処理し、個人の情報は一切公表いたしません。			
事務局記入			
受付日	平成 27 年 8 月 15 日	貸出時刻	9:15 確認者 (篠)
ハンディナビ番号	1	返却時刻	16:50 確認者 (篠)
自転車鍵番号	1001	備考	
えこりんカード番号	0010001		
提示証明書	免許証・バスポート・保険証・その他 番号 (0123456789)		

図-6 利用申込書と個人属性の取得

### (2) Google Mapsを利用した図化システム

Google Maps APIを使って解析用アプリケーションをWEBシステムとして構築した。これは、ロガーのログデータを視覚的にわかりやすく可視化するために汎用性があり比較的誰でもわかる地図としてGoogle Maps

を利用したものであり、視覚的にわかりやすく経路特性を分析することができる。また、Google Mapsの提供機能である地図とログデータの拡大縮小表示も可能となっている。

この表示システムはデータのファイル名から日付を判断し、前処理として作成された通過緯度経度の1000分の1度で区切った格子点インデックスと、(1)の利用者個人属性をもとに、解析ページから与えられたリクエストに従って対象となるデータファイルを検索する。JavaScriptのArrayデータタイプとしてファイル名一覧をWebページに埋め込み、そのArrayを元にして図-11に示すような対象ファイル一覧表をJavaScriptによって動的に生成する。対象ファイル一覧からラジオボタンをクリックすると図-7のように、地図中に青い矢印と赤い軌跡で示すような軌跡データが表示される。



図-7 走行軌跡データの表示例

また、地図上の青い矢印をクリックすることで、その地点の通過時刻・高度・日付などの詳細データがポップアップ表示される。



図-8 通過ポイントの詳細データの表示

Google Mapsによる軌跡表示は、Google MapsのAjaxベースのコールバックにより実現しているため、データを蓄積している「えこりんプロジェクト」の

サーバはデータを転送するのみでI/Oのみに負荷がかかるだけであるが、表示系がすべてブラウザ上の処理になるため、ブラウザを実行している手元のPCの性能により表示性能が左右される。複数の対象者を同時に表示する機能を利用する際には、転送されるデータ量が大量になり、CPUやメモリの小さなPCでは表示が遅くなるなどの問題が発生することがある。

### (3) 誤差の修正

搭載されているGPSモジュールは、比較的高感度ではあるが、その原理上、屋根の下やマルチパスを発生させる建築物の近く等では大きな誤差が発生する。そのためサーバにデータを蓄積した後、解析用システムでデータを確認した際に、電波状態や利用者の誤操作に起因すると思われる誤差を手作業で除去するようにした。当初はこの誤差修正は、ある程度プログラムで実行可能かと思われたが、誤差の振れ幅が自転車の移動と変わらないぐらいのスピードである場合も多く、単なる寄り道かGPSの誤差であるかは、前後関係や地理的な知識とあわせなければ困難であったため、最終的には手作業で行うこととなった。この様子を図-9に示している。

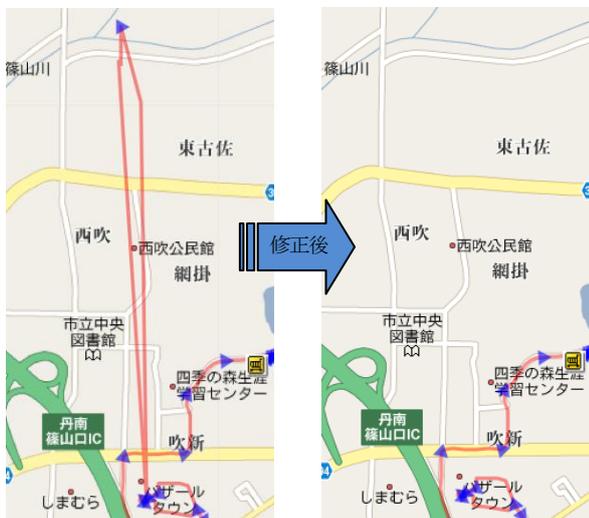


図-9 GPSデータの手動修正

### (4) バックアップとセキュリティ管理、継続改良

データの取り扱いには、GPX形式でのPC上のバックアップとサーバ上のデータ、およびその前処理結果のCSV形式の最低3ヶ所で保管するとともに、さらにUSBメモリでの処理中等に、万が一データの消失が起きてもすぐに対応が可能となるようにするなど、細心の注意を払った。

解析用の記録表示システムは、プロジェクトのインターネットWEB上に構築している。ここには個人

情報が含まれないとはいえ、不用意に関係者以外が閲覧することのできないようにするためにユーザIDとパスワードによる認証によるセキュリティ対策を講じている。

この解析用WEBの基本的な機能は社会実験開始当初からテストを兼ねて運用していたため、利用者からの問合せ対応などでも役に立った。さらに、テスト運用を重ねながら実績・経験等によるPDCAサイクルにしたがって、徐々に機能の追加や改良も繰り返した。

その他、本システムでは分析対象地区をメッシュに分割し、メッシュごとの走行密度分布を表示するシステムや、分析対象としたい地図上のポイントを指定し、そこを通過する利用軌跡のみを図化するような機能も実現している。これら機能を用いた表示例は、次の分析事例のところで説明する。

## 6. システムを活用した分析の事例

### (1) 利用者を指定した移動軌跡の集合表示

利用日別、利用者居住地別（郵便番号）、利用者居住地別（都道府県）、性年齢別、全データの分布で走行軌跡のデータを検索することができる。

例えば、利用日別で検索した場合利用日の一覧が表示されるので、検索したい日付（複数可）を指定すると指定日の利用者が検索できる。分析したい利用者のID番号を選択すると対象者の属性も確認することができる。（図-10）

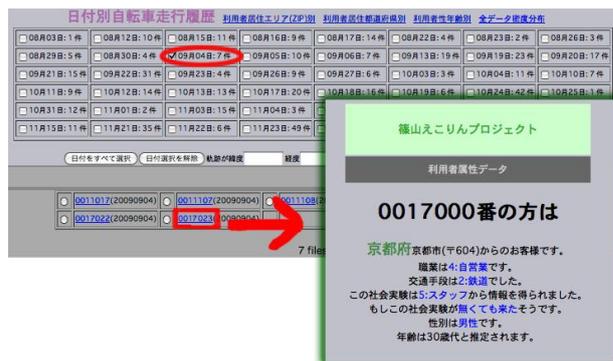


図-10 日付からの利用者の抽出と属性確認

また、利用者の番号の横にあるラジオボタンを選択する事によってこのデータをGoogle Maps上で描画することができる。天候や季節、イベント開催などによる自転車走行ルートがどのように変化するかといった分析に利用することが可能である。特に指定日・指定期間の複数利用者の軌跡の重ね合わせ表示を用いることで、利用経路の変化を読み取ることができる。（図-11）



図-11 指定した利用者の軌跡表示の集合表示

(2) 自転車道の整備課題の抽出のための分析事例

GPSロガーにより得られる移動履歴データ等のデータロギング・解析システムの活用により、自転車の走行経路を把握し、自転車道の整備の必要箇所を明確にすることができる。図-12は、事業エリアの中でも自動車交通量が比較的多い東岡谷交差点を通過する359件の軌跡を重ね合わせて表示したものであるが、道路の前後区間では車道の両側を走行しているが、交差点部では車道の中央を横切って走行しているものも多数出ていることがわかる。



図-12 指定交差点付近の自転車走行軌跡の表示

また図-13は対象地域を1,000分の1度の格子に分割し、格子毎の走行軌跡の分布を表示したものである。赤い色になっているところほど走行密度が高い。

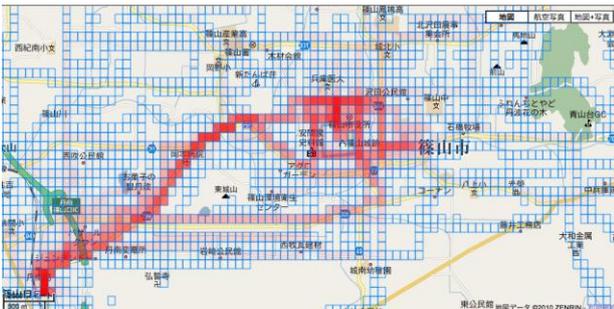


図-13 走行軌跡密度のメッシュ表示

自転車利用者は、幹線道路かそれに沿った農道・里道を走行する傾向が強く、幹線道路から離れた路線では利用密度が低くなっていることがわかる。

慣れない土地では、自転車道から幹線道路が視認できることで、農道・里道などの細い道でも安心して走行できるからであろう。

自転車道でも途中何箇所かのポイントで幹線道路が視認できると自分の位置が確認できる。このことは、これまで自転車道の整備の際にはあまり重要視されてこなかった視点ではないかと思われるが、興味深いデータである。

7. 今後の展望

本システムを活用した今後の展望として、自転車利用者が自らの走行軌跡のログを残すことで、他の利用者とログデータを共有し、これを用いて観光情報に関する意見交換を行うようなコンテンツを構築すれば、観光活性化にも効果があるのではないだろうか。えこりんプロジェクトでは、利用者が意見交換するためにブログを用意したが、同じエリア・同じルートを走行した利用者に対してツイッターのようなサービスで呼びかけを行い、感想を交換することができる。また観光施設側でも、自分の施設を訪問した利用者に対して、コメントを送るようなサービスも実現するだろう。

自転車の走行経路を自動車・自転車・歩行者といったそれぞれの側で互いに理解することで、自転車利用者だけではなく、事故のない快適な観光を楽しめるのではないかと考える。

また、このコンテンツはWEBブラウザで利用する事ができ、また汎用性の高いサービスを使用しているため、利用者のIT環境を選ばない。観光地にでかける際の事前情報として他の利用者の走行履歴を参照するなど、最近ではiPhone や Xperia等と言った携帯スマートフォンで現地からその日の観光ルートを実タイムに検索するような使い方も提供していけば効果的ではないかと考える。

参考文献

- 1) 中央復建コンサルタンツ株式会社、近畿経済産業局：「平成20年度 低炭素社会に向けた技術シーズ発掘・社会システム実証モデル事業 電動レンタサイクル・フリンジパーキング・地域カード等による低炭素地域づくり事業報告書」, 2009