Vol.2012-IS-119 No.2
2012/3/15

GPS タクシー配車履歴データの可視化およびその分析

宮原直紀[†]　張勇兵[††]　繁野麻衣子[††]　塚本一也[†††]

本研究は，GPS タクシー配車履歴情報を可視化することにより，顧客需要の特徴およびタクシー配車上の問題点を見出すことを目的とする．近年，タクシーの位置や状態をリアルタイムに把握する GPS-AVM タクシー配車支援システムが普及しつつあるが，配車履歴データの分析，また，その分析結果を活用して今後のより効率的な配車決定にフィードバックする事例が見当たらない．本研究では，Google Maps API を利用して配車履歴情報および気候情報を Google 地図上に可視化することにより，タクシー配車履歴情報を総合的に表示できる環境を構築し，顧客の需要および配車状況の分析を行った．

Visualization and Analysis of Taxi Dispatch Records

Naoki Miyahara[†]　Zhang Yongbing[††]　Maiko Shigeno[††]
Kazuya Tsukamoto[†††]

This paper attempts to visualize the GPS taxi dispatch information in order to analyze the customer demands and to improve the taxi dispatch efficiency. Even though the GPS taxi dispatch systems have been introduced in a large number of taxi companies, the taxi dispatch records stored in the systems are not used in decisions for future taxi dispatch. In this paper, we developed a system that visualizes the taxi dispatch data along with the weather data using Google Maps API, and then investigated the visualized results in detail.

1. はじめに

国土交通省のタクシーに関する報告書[1]によると，東京などの大都市を除く地方では，多くのタクシー会社は営業エリア内の複数箇所にタクシーを待機させ，顧客からの呼出に応じて配車する方法を取っているが，バブル崩壊後の需要減少と近年の規制緩和に伴うタクシー台数増加により,需給ギャップが埋まらない状態になっている．そのため，多くの会社は，GPS (Global Positioning System) -AVM (Automatic Vehicle Monitoring) システムを導入し，顧客およびタクシーの位置情報を確認しながら配車することにより収益の維持およびサービスの改善を図ろうとしており,平成 22 年までに GPS-AVM システムの普及率は 6 割以上になることが期待されている[2]．しかし，現在の GPS-AVM システムでは，地図画面上に顧客とタクシーの現在位置が表示されるのみで，配車係はそれを参考に配車決定を素早く下さなければならない．このように一時点の状況下で決められた配車法が顧客の需要に対応できているか，また，各待機場所に経験的に割当てられたタクシーの台数が適切であるかどうかは分かっていない．

そこで，本研究は茨城県つくば市（以下，つくば市）に本社を置く大曽根タクシー株式会社(以下，大曽根タクシー)[3]の協力の下，同社の GPS-AVM システムに蓄積されている配車履歴データを可視化し，顧客の需要パターンおよび配車上の問題点を明らかにすることを目的とする．具体的には，次に示されるように，タクシーの配車履歴データのほか，タクシー需要に影響を及ぼす可能性の大きい気候データを収集・整理し，それらのデータを地図上に分かりやすく可視化することにした．

(1) GPS-AVM システムに記録されている配車履歴データと，つくば市近辺の気候データとを関係づけ，それらを簡単に検索できるようにデータベース化した．
(2) Google 社が提供する地図上にデータを描画できるサービス Google Maps API を利用して配車履歴データや気候データなどを地図上に可視化した．
(3) 可視化された顧客の利用状況およびタクシーの配車状況を分析することにより，配車上の問題点および改善案を考察した．

[†] 筑波大学 理工学群 社会工学類
College of Policy and Planning Sciences, University of Tsukuba
[††] 筑波大学 システム情報系
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba
[†††] 大曽根タクシー株式会社
Ozone Taxi Company Limited

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

2. 配車履歴データベースの構築

ここでは，データベースに登録する配車履歴データや天候情報，主要地点の位置情報など，配車に影響を与える情報を保持するテーブルの定義について述べる．

2.1 関係モデルの定義

本研究で用いられるデータベース taxi に以下のような関係を示すテーブルが用意されている．

(1) 配車情報テーブル（名称を gps とする）
GPS-AVM システムにある配車履歴情報を利用して，配車情報テーブル gps を作成する．ここで，GPS-AVM システムには各タクシーから連続的（約 15 秒ごと）にタクシーの位置や動態（空車や賃走などの状態），乗務員名などといった配車情報が記録されているが，配車情報テーブル gps にはその全てを登録するのではなく，動態に変化があった場合のみの情報を取り出し，テーブル gps に記録する．

(2) 乗務員テーブル（名称を driver とする）
各乗務員には社員番号が割り当てられているため，乗務員と社員番号との関係は乗務員テーブルによって示される．

(3) 天候テーブル（名称を weather とする）
天候テーブルには 1 時間ごとのつくば市近辺の天候（気温・雨量）情報が保存されている．

(4) 祝日テーブル（名称を holiday とする）
祝日テーブルには日本の祝日の日付と名称との関係が保存されている．

(5) 主要地点テーブル（名称を block とする）
タクシー会社の営業エリアを定義し，その営業エリアを適当な大きさのブロックに分割する．そして，各ブロックの位置を地図上で確認して名称をつける．主要地点テーブルはブロックと名称の対応関係を表す．

(6) 主要地点・座標変換テーブル（名称を blocktolatlon とする）
主要地点テーブル block にあるブロックの名称と，ブロックの中心座標とを関係づけるテーブルである．

以上のテーブルのカラムは表 2-1 に示されているとおりである．また，各テーブルのカラム間の関係は図 2-2 に示されている．

表 2-1 データベース・テーブルの構成

DB	名称	カラム(行)	内容	データ型
taxi	gps	id	レコード(行)毎の ID	varchar
		ymdhms	年月日と日時	datetime
		weatherID	レコードに対応する天候データの ID	int
		status	動態	varchar
		lat	緯度	double
		lon	経度	varchar
		driver	運転手の社員番号	varchar
		prev_id	以前記録された，同一日かつ同一ドライバーのレコードの ID	varchar
		distance	以前記録された，同一日かつ同一ドライバーのレコードからの累計移動距離(km)	double
		file	レコード内容が記録された csv ファイル	varchar
		position	csv ファイルに記録された位置	varchar
		block	ブロック	varchar
	driver	id	社員番号	varchar
		name	運転手名	varchar
	weather	id	レコード(行)毎の ID	int
		ymdh00	年月日と時間	datetime
		rain	雨量(マイナスの値は気象庁観測点での機器の故障を表す．)	float
		temp	気温	float
	holiday	ymd	年月日	datetime
		name	祝日の名称	varchar
	block	id	ブロックの番号	varchar
		name	地点の名称	varchar
	blocktolatlon	name	主要地点名	varchar
		lat	緯度	float
		lon	経度	float

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

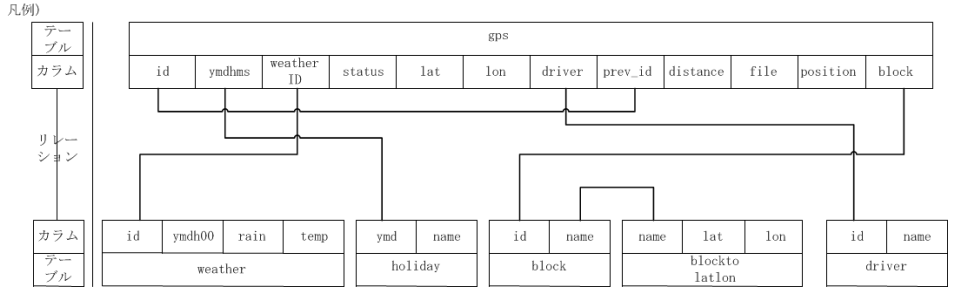


図 2-2 テーブル間の関係

2.2 データベースの構築

本研究では，GPS-AVM システムに記録されている csv 形式の配車履歴データは次のように処理され，データベースに保存されている．

(1) 配車情報テーブルの構築

配車情報テーブル gps は図 2−3 に示されるように，GPS-AVM システムに保存されているタクシーの状態履歴から空車や賃走などの状態が変化した記録を取り出したものからなる．配車情報テーブルを作成するため，本研究で開発した「配車情報登録プログラム」を使用した．

(2) 乗務員テーブルの構築

乗務員テーブル driver の作成には配車情報テーブルの作成と同様に「配車情報登録プログラム」が使用された．各乗務員が異なる社員番号を持っており，各営業日における営業状態を記録する csv ファイルに社員番号が含まれているため，乗務員テーブルは csv ファイルにある乗務員の名前と csv ファイル名から作成される．

(3) 天候テーブルの構築

天候テーブル weather は気象庁ホームページに公開されている茨城県つくば市近辺の観測地点で測定された天気観測データから作成された．

(4) 祝日テーブルの構築

祝日テーブル holiday は内閣府ホームページに公開されている日本の祝日とその名称より作成された．

(5) 主要地点テーブルの構築

「主要地点テーブル」は「配車情報登録プログラム」を使って構築されている．そのため，大曽根タクシーの営業エリアを適当な大きさのブロック（ここで500mx500m）に分割し，ブラウザ上に表示される各ブロックをクリックすることにより，その名称を入力する画面が表示されるようにした．

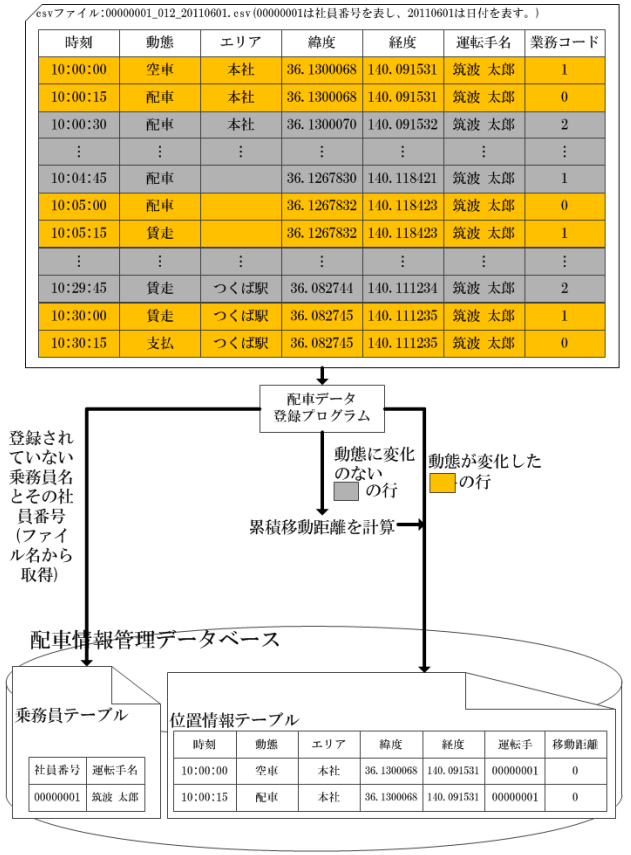


図 2-3 タクシー移動履歴データからの配車情報の抽出

しかし，すべてのブロックを人手で登録することが困難であるため，ここで顧客の発着が多いブロックだけを登録することにする．具体的には，営業エリア全体の配車総数に対する各ブロックにおける配車件数の占める割合をそのブロックの件数比率とし，その比率の大小に応じてブロックを異なる色で塗りつぶすようにした．件数比率の高いブロックは赤色で塗られているため，件数比率の高いブ

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

ロックは先に登録することが可能である. なお, 動態変化が大きいブロックには, 空車から賃走に変わるタクシー乗り場や，空車から迎車（乗客のもとへ向かうこと）に変わる営業所や待機場所などが含まれている.

ここで,「配車情報登録プログラム」は，主要地点の発見および登録のみに使われているが，後節に述べられるように可視化された地図上での配車件数の表示にも使われている.

(6) 主要地点・座標変換テーブルの構築

「主要地点・座標変換テーブル」は「主要地点テーブル」に記録されている地点名（複数のブロックからなることが可能である）とその地点の中心座標（緯度情報と経度情報）からなる. 具体的には,「主要地点登録プログラム」を使って主要地点の新規登録・更新・削除を行った後に，同じ地点名をもつ複数のブロックの中心座標はその地点の位置座標として登録される.

3. 配車履歴データ可視化システム

配車履歴データの可視化システムは Google 社が提供する Google Map API[4]を使って実現されている. ユーザはブラウザから配車履歴データに関する検索条件を簡単に入力でき，また，検索結果は Google 地図上に表示されるようになっている. 本研究で用いられているデータベースはオープンソースデータベースシステム My SQL[5]を使用し，また，ウェブサーバとウェブアプリケーションとの連携には Apache Tomcat[6]を使用した.

3.1 システム構成

本研究で開発された可視化システムは，図 3-1 に示されているようにウェブサーバ，配車履歴データを管理するデータベース taxi および Google Maps API からなっている. ユーザはウェブサーバを経由して配車情報検索プログラムに配車履歴に関する検索要求を入力する. ユーザから指定された検索条件に従って，配車情報検索プログラムはデータベース taxi を検索し，ヒットした検索結果とそれに含まれるタクシーの地理的位置座標をユーザに返送する. Google 地図情報は Google Maps API を通じてユーザに渡され，検索結果とともにブラウザ上に表示される.

3.2 検索インターフェイス

ユーザは，図 3-2 に示されるようにブラウザ上から配車履歴データの検索条件を指定する. そして，検索結果は Google 地図上に表示される.

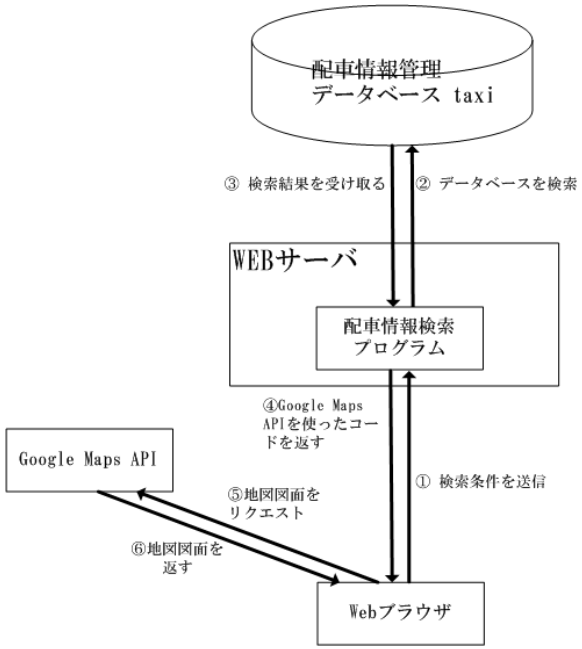


図 3-1 配車履歴データ可視化システムの構成

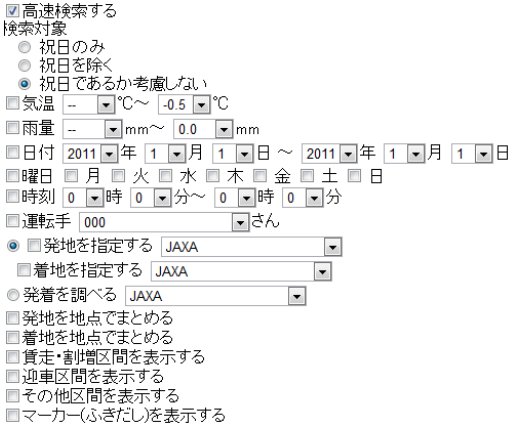


図 3-2 検索条件の指定画面

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

検索条件の指定は次のようになっている．まず，各行の左にあるチェックボックスをチェックするとその右の内容が検索条件として採用される．「高速検索する」にチェックを入れると，例えば，ある時点での運行を調べたい場合，出発時刻のみ確認し，到着時刻は確認しないといったように，検索条件を簡易なものにしている．また，「発地を地点でまとめる」や「着地を地点でまとめる」にチェックを入れると，発地または着地が主要地点に登録されている場合，発地や着地をその主要地点の中心に変更する．さらに，どちらにもチェックを入れると，主要地点間の移動は，その移動件数に応じて移動履歴を表す地図上の線分の太さが変わる．

4. 可視化システムの実行

本節では，可視化システムを実行する方法が述べられている．「配車情報登録プログラム」はコマンドラインで簡単に実行できるため，そのやり方に関する説明を省略することにする．

- 主要地点登録プログラムの実行

主要地点が登録されていない状態で主要地点登録プログラムの実行結果は図 4-1 になっている．ここで，各ブロックの件数比率は異なる色で表され，赤色は比率 70 以上，黄色は比率 70 未満 50 以上，また，青色は比率 50 未満 30 以上を表す．あるブロックを主要地点として登録すると，そのブロックの色は緑色に変更される．

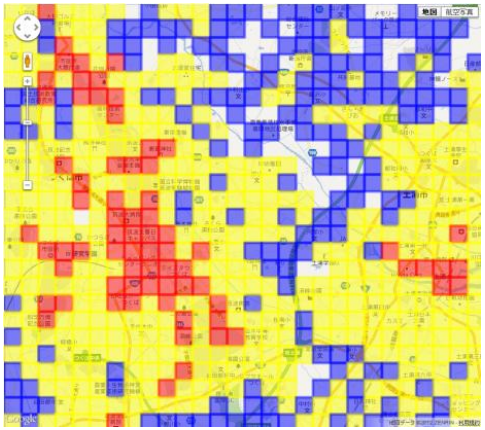


図 4-1 営業ブロックの件数比率

- 検索条件の指定

配車履歴データの検索条件は複数条件の論理和として指定することができる．例えば，2011 年 1 月 30 日から 6 月 30 日までの，「つくば駅」着の、雨量が 0.1mm から 100.0mm までの，金曜日 18 時−24 時の運行状況を検索したい場合の検索条件は図 4-1 に示されているようになる．

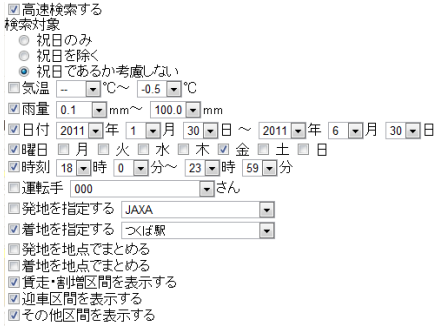


図 4-1 検索条件の例

- 検索結果の可視化結果

図 4-1 に示された検索条件により見つかったデータで可視化した結果は図 4-2 のようになっている．ここで，青線は賃走（乗客を乗せて走っている）での移動，緑線は迎車（乗客を迎えに向かっている）での移動，また，赤線はその他の動態を表している．そして，赤いピンは賃走の到着地点を表している．図 4-1 の検索条件では，赤いピンがつくば駅に集中していることがわかる．すなわち，多くの顧客はつくば駅に到着していることになっている．

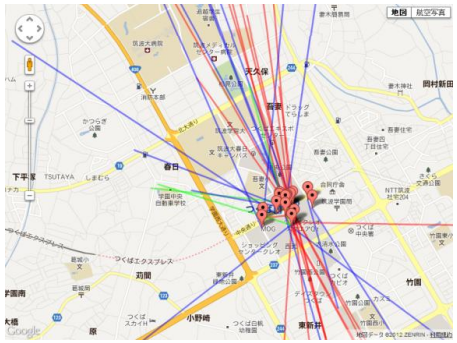


図 4-2 検索条件の例

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

5. 可視化結果の分析

本節には，配車履歴データを可視化することにより発見された配車上の問題点およびその解決法が述べられている．

5.1 「研究学園駅」と「東光台研究団地」間の運行状況分析と配車提案

ここで，つくば市にある「研究学園駅」と「東光台研究団地」におけるさらなる顧客需要発掘の可能性と，そのために考慮すべく配車施策が考察されている．研究学園駅はつくばエクスプレスの駅で，大曽根タクシーおよびつくば市内にある他のタクシー会社は駅前ロータリーにタクシーを待機させている．一方，東光台研究団地は IT 関連大手会社や製薬会社などの基礎研究センターが置かれている研究団地である．東光台研究団地の最寄り駅は研究学園駅である．

図 5-1 は 2011 年 4 月 1 日から 2011 年 8 月 31 日までの東光台研究団地を着地とする運行履歴を可視化したものである．一方，図 5-2 は同期間における東光台研究団地を発地とする運行履歴データを可視化したものである．図 5-1 と図 5-2 とを比較すると以下の 2 つのことがわかる．

（1） 東光台研究団地発研究学園駅着の賃走以外の運行件数は，研究学園駅発東光台研究団地着の賃走件数より多い．

（2） 研究学園駅発東光台研究団地着の賃走件数は，東光台研究団地発研究学園駅着の賃走件数より多い．

その原因を考察すると，(1) については，研究学園駅を待機場所とする運転手が顧客を東光台研究団地へ送った後，空車の状態で研究学園駅へ戻ることが多いと考えられる．(2) については，顧客が研究学園駅の駅前ロータリーで待機している先頭のタクシーに乗り，つまり，顧客がタクシー会社を選べないにも関わらず，賃走件数が多いということは実際に東光台研究団地へタクシーで向かう運行総件数は履歴データに記録されている運行件数より多いと考えられる．それに対して，東光台研究団地から研究学園駅に向かうときは，タクシー会社を選べるにも関わらず運行件数が少ないことになっている．路線バスが十分に網羅しているとは言えないつくば市の事情を考えると，東光台研究団地発研究学園駅着のタクシー需要は他社に奪われている可能性が高いではないかと考えられる．

そこで，図 5-3 に示されているように、東光台研究団地発研究学園駅着の賃走件数および研究学園駅発東光台研究団地着の賃走件数を時間帯別に調べることにした．図 5-3 から分かるように，研究学園駅発東光台研究団地着の賃走件数は，東光台研究団地発研究学園駅着の賃走件数より著しく多く，また，東光台研究団地発研究学園駅着の賃走件数は 15 時から 17 時までの時間帯に多いことがわかる．この結果から，この時間帯に東光台研究団地でより多くのタクシーを待機させ，さらに，顧客の呼出があればすぐに迎えに行けるように配車すれば、東光台研究団地近辺の顧客にアピールすることにより，新たなタクシー需要を掘り起こし，配車の効率性を高めることができると考えられる．

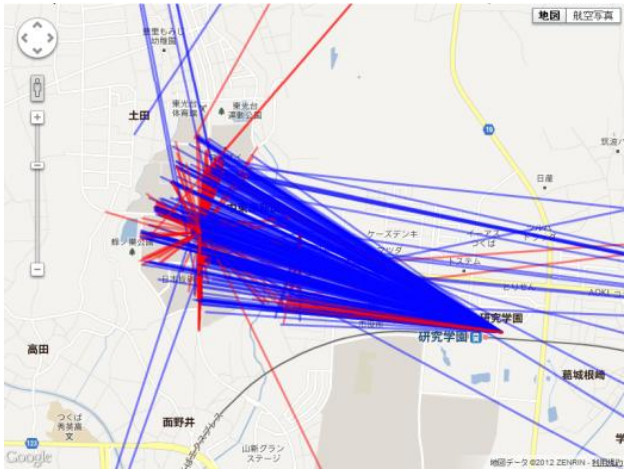


図 5-1 東光台研究団地着の運行履歴（2011/4/1～2011/8/31）

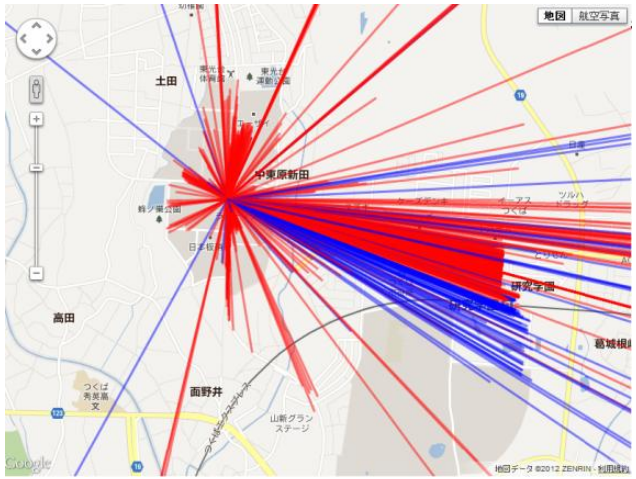


図 5-2 東光台研究団地発の運行履歴（2011/4/1～2011/8/31）

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

Vol.2012-IS-119 No.2
2012/3/15

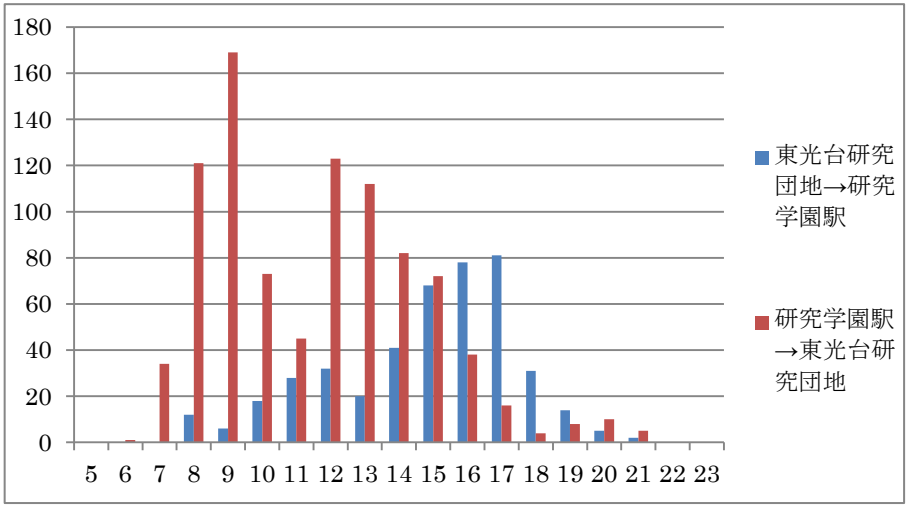


図 5-3 研究学園駅と東光台研究団地の時間別賃走件数

5.2 時間帯別主要発着地点の分析

主要地点テーブル blocktolatlon には各ブロックの発着件数の比率が入っているため，そのブロックにおける顧客の需要が表されていると言える．そこで，指定される時間内に各ブロックに登録されている賃走件数が全営業エリアにおける賃走件数の総和に対する比率を可視化するようにした．図 5-4 は 2011 年 1 月 2 日から 2011 年 12 月 14 日までの配車履歴データを使って，1 日中 3 時間ごとの各ブロックの件数比率を示したものである．その結果によると，以下のようなことがわかる．

(1) 午後 12 時から 18 時にかけて，産業技術総合研究所（これから産総研と略す）と北部工業団地からの需要が増えている．

(2) 午後 3 時台は筑波大学近辺における需要も多い．

また，5.1 節に述べた手法を用いてこれらのデータを分析した結果によると，産総研発の運行は北部工業団地発の運行に類似した傾向を示し，その多くがつくば駅を着地としていることがわかった．つくば駅着のタクシーのほとんどは，配車シフトのルールに従って北部工業団地や産総研の近くにある待機場所に戻っているのが現状であるが，(2) のような需要を考慮するため，午後 3 時台に指定された待機場所に戻る際，筑波大学近辺を通るように変更すれば，筑波大学近辺の需要にも応えることができると考えられる．

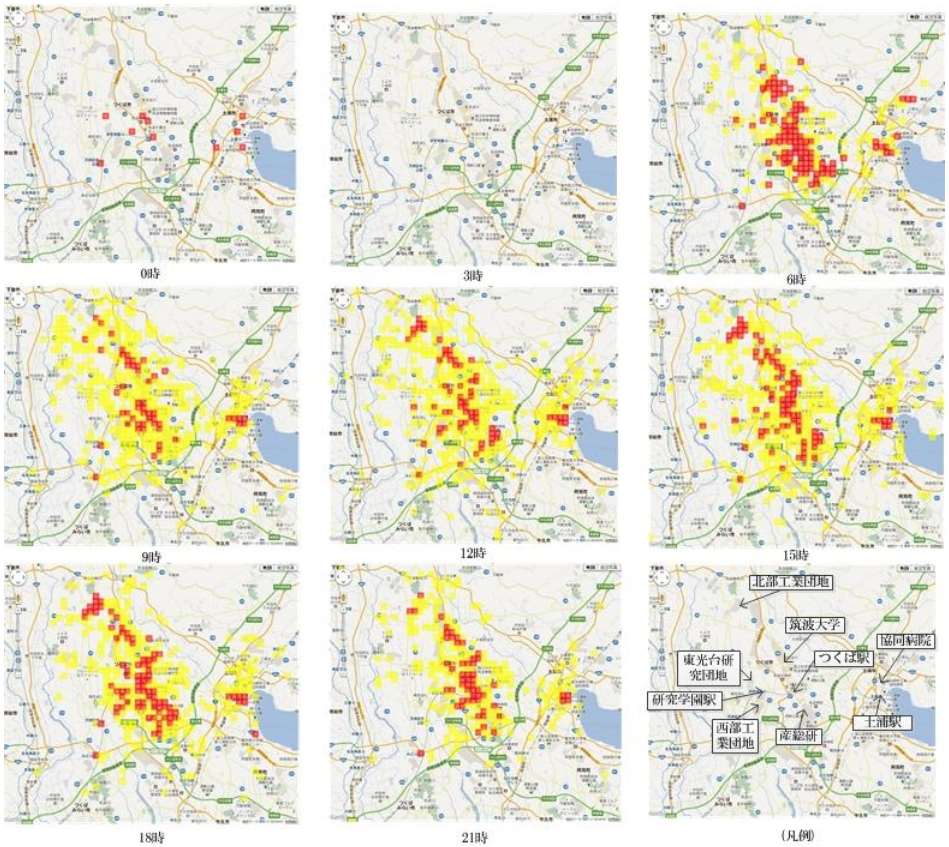


図 5-4 3 時間毎の賃走件数分布（2011/01/02～2011/12/14）

6. おわりに

本研究では，Google Maps API を利用して GPS-AVM システムに記録されている配車履歴データを可視化するシステムを開発し，その有効性を検証した．ここで使用するデータ書式は csv 形式のみに限定せず，他の書式にも容易に対応できるように変更することが可能である．また，履歴データの可視化は Google Maps API のみでなく，他の地理空間情報技術を使用することができるため，本研究で提案した手法は広く使えると言えよう．

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

今後の展望としては，指定される地点をデータベースから高速に検索し，その付近の待機場所に待機するタクシー台数をいかに計画するか，また，曜日や時間帯などの異なる顧客の需要に合わせた配車をいかに実現するかなど，リアルタムに最適な配車手法を開発することが考えられる．

参考文献

[1] 国土交通省「交通政策審議会陸上交通分科会自動車交通部会タクシーサービスの将来ビジョン小委員会報告書」，平成18年7月．
[2] 社団法人全国乗用自動車連合会「ハイヤー・タクシー業界の地球温暖化防止に関する自主的行動計画」，平成20年9月．
[3] 大曽根タクシー株式会社，http://www.taxi.e-tsukuba.jp/index.htm.
[4] Google Maps API ファミリー，http://code.google.com/intl/ja/apis/maps/index.html.
[5] MySQLデータベースシステム，http://www-jp.mysql.com/.
[6] Apache tomcat，http://tomcat.apache.org/.

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan