

## クルーズ客の観光行動分析

～カーネル密度推定を用いた検討～

Behavior Analysis of Cruise Passengers  
—Study using Kernel density estimation—

松田耕司\*・向井智哉\*\*・藤生慎\*\*\*・大澤脩司\*・中山晶一郎\*\*\*・高山純一\*\*\*・寒河江雅彦\*\*\*\*・鶴田靖人\*\*\*\*  
by Koji MATSUTA\*・Tomoya MUKAI\*\*・Makoto FUJII\*\*\*・Shuji OSAWA\*  
Shoichiro NAKAYAMA\*\*\*・Jyunichi TAKAYAMA\*\*\*・Masahiko SAGAE\*\*\*\*・Yasuhito TSURUTA\*\*\*\*

本研究では2015年7月に金沢港に寄港したダイヤモンド・プリンセス号の乗船客を対象に、GPSロガーを用いた観光行動調査を行った。GPS調査より得られたクルーズ旅客の位置情報を基にカーネル密度推定を行うことで、複数のサンプルからクルーズ旅客全体の分布を推定することが可能になり、一定時間ごとにカーネル密度推定を行いクルーズ旅客の分布の変化を見ていくことで、クルーズ旅客の時間帯ごとの行動範囲を確認することができた。結果、兼六園は終始多くのクルーズ旅客が分布しているが、ひがし茶屋街や近江町市場では時間帯によって分布に差が確認された。このように時間帯ごとの分布を知ることが出来れば、混雑の緩和などに役立てることが可能である。

キーワード：GPS、カーネル密度推定、クルーズ、金沢港、ダイヤモンド・プリンセス

## 1. はじめに

近年、世界のクルーズ人口は年々増加しており、日本でもクルーズ船の寄港回数が増加している。その回数は2014年には1204回と過去最高の結果となっているが(図1)、いまだ日本のクルーズ人口の比率は米国や英国などと比べ少ない。このことから日本のクルーズは成長の余地が大きいと言える。加えて、日本だけでなく韓国や中国を含むアジア地域においてもクルーズ市場規模は今後大きく成長することが予測されていて、日本海側にある金沢港への好影響も期待される。

日本でのクルーズ船寄港回数の増加に伴い、金沢港へのクルーズ船の寄港回数やクルーズ船に乗って金沢を訪れる外国人観光客も近年増加傾向にある。2014年には合計16隻、2015年には台風6号の影響で1隻寄港できなかったというトラブルがありつつも、合計19隻のクルーズ船が金沢港に

寄港している。金沢の観光業の発展のためにも、今後もクルーズ船の金沢港への寄港回数増加が期待されるが、クルーズ船に乗って訪れる観光客が金沢市内でどのような観光行動をとるかについては十分に把握できていない。

本研究では、金沢港に寄港したクルーズ船の乗客を対象に、GPSロガーを用いてクルーズ観光客の金沢市内での観光行動を調査した。そして、収集された位置情報を基にカーネル密度推定を行うことで、複数のサンプルからクルーズ旅客全体の分布を推定し、クルーズ観光客の観光行動を分析していく。

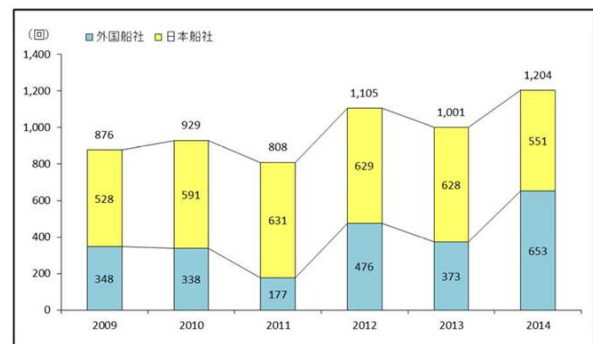


図1 日本の国際港へのクルーズ船の寄港回数

出典：国土交通省，報道発表資料

\* 金沢大学大学院自然科学研究科環境デザイン学専攻

\*\* 金沢大学理工学域環境デザイン学類

\*\*\* 金沢大学理工研究域環境デザイン学系

\*\*\*\* 金沢大学人間社会学域経済学系

## 2. GPSロガーによる調査概要

### (1) 調査方法

クルーズ旅客の金沢市内の観光周遊行動を分析するため、本研究では2015年7月31日に金沢港に来港したダイヤモンド・プリンセスの乗客に対してGPSロガーを使用した調査を行った。腕時計型のGPSロガー「i-got U pro」(図2)か「WristableGPS」(図3)を金沢市内へ観光に行くクルーズ旅客に装着してもらい、位置情報を収集した。WristableGPSには心拍数測定機能も付属しているが本研究では位置情報のみを使用した。

### (2) 調査対象データ

2015年7月31日に金沢港に来港したダイヤモンド・プリンセスの乗客の中で、日本人と外国人の両方を含む14人分のデータを収集し、使用した。i-got U pro で収集したのが9人分(表1)、WristableGPS で収集したのが5人分(表2)であった。

表1 2015/7/31 i-gotU pro 装着者

機器番号	年齢	性別	国籍
1	64	男性	シンガポール
3	72	男性	オーストラリア
4		女性	日本
5	48	男性	日本
6		女性	日本
7	64	男性	日本
8		女性	カナダ
9		女性	フィリピン
10		男性	オーストラリア

表2 2015/7/31 WristableGPS 装着者

機器番号	年齢	性別	国籍
5072	65	女性	オーストラリア
5073	73	男性	オーストラリア
5077	43	男性	アメリカ
5078	9	男性	日本
5081	37	女性	日本



図2 i-got U pro



図3 WristableGPS

## 3. カーネル密度推定概要

### (1) カーネル密度推定とは

カーネル密度推定とは、有限の標本点から、全体の分布を推定する手法のひとつである。長所として、計算が簡単で、漸近的な性質が導出でき、分布がなめらかに表示できることが挙げられ、短所として、高次元のデータになると精度が悪くなるのが挙げられる。

### (2) カーネル密度推定の算出方法

カーネル密度推定を行うには、「バンド幅」と「カーネル関数」を決める必要がある。バンド幅とは、各標本がどれだけの範囲に対して影響を及ぼすかを指定するもので、カーネル密度推定の結果はバンド幅の選び方に依存して大きく異なる。また、カーネル関数は各観測地を中心とした分布の形状を示す。

$$\hat{f}_K(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

カーネル密度は上記のように推定できる。ここで、 $h$  はバンド幅、 $K(x)$  はカーネル関数、 $x$  は任意の点、 $X_i$  は標本点である。カーネル密度推定の結果は、バンド幅  $h$  に大きく依存するので、適切なバンド幅を決定することが重要である。

GPS データを用いる場合、二次元データであり、分布の形状はなめらかなものが求められるので、カーネル関数は一般的に以下のような「ガウス関数」という

ものが採用されることが多い。これは正規分布ともいう。

$$K(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

バンド幅の選択に関しては絶対的な方法はないが、本研究はバンド幅選択法としてよく使われ、正規分布においてよいバンド幅を与える「ノーマル・リファレンス・ルール」により以下のようになる。

$$h = 1.06\sigma n^{-1/5}$$

ここで、 $\sigma^2$ は不偏分散を、 $n$  は標本サイズとする。以上の方法を用いてクルーズ旅客のGPS データを用いたカーネル密度推定を行う。

**(3) カーネル密度推定の利用方法**

本研究では2015年に収集した位置情報データを使用してカーネル密度推定を行った。対象者は14人で、2015年7月31日の8時半から16時までの記録を30分ごとに区切って使用した。推定に使う標本サイズは測定できた位置情報の個数である(表3)。

カーネル密度推定の結果を値ごとに色分けし、GIS上で表示した。30分ごとに推定を行っているため、クルーズ旅客が金沢のどの場所に分布しているかの時間変化を分析していく。カーネル密度推定によりサンプルデータからクルーズ旅客全体の分布を推定することが出来るが、クルーズ旅客がいないと思われる場所にも推定によってクルーズ旅客がいるという結果が出る場合がある。例に挙げると、シャトルバスで移動している道路わきにクルーズ旅客がいるという推定結果がでた。そのような地点に注意して分析していく。

今回は金沢市内の大まかな分布を調査するが、カーネル密度推定でバンド幅などを変更することでより詳細な分布を調査することも可能である。これからはより詳細な分析やサンプルを増やしていくことが課題である。

**4. カーネル密度推定結果の分析**

2015年7月31日に収集したクルーズ旅客のGPSデータを用いて、8時30分から30分ごとにクルーズ旅客の分布を表示した。地図上の赤色が濃いほどクルーズ旅客の密度が高いことを表す。色分けは以下のように行う(図4)。図4は密度推定量を常用対数で変換し

たものである。

表3 2015年GPSデータの各値

	X軸のバンド幅	Y軸のバンド幅	X軸の標準偏差	Y軸の標準偏差	標本サイズ
830	217.4095	405.4449	908.058	1693.428	1701
900	282.1064	437.5829	1385.513	2149.107	3824
930	259.7489	430.8727	1287.434	2135.602	4003
1000	125.4908	197.1588	612.2746	961.9461	3700
1030	92.40975	137.7764	451.0171	672.4348	3706
1100	92.61408	95.66268	463.3148	478.5658	4193
1130	111.7476	84.18364	548.8847	413.4955	3826
1200	84.72576	147.4754	413.1568	719.1494	3690
1230	167.8735	256.5549	808.1958	1235.136	3461
1300	310.2277	441.5525	1416.085	2015.539	2652
1330	355.6193	484.0444	1715.316	2334.769	3494
1400	365.8304	535.7086	1553.175	2274.412	1846
1430	251.6934	394.9898	1061.673	1666.115	1787
1500	284.2015	464.4868	1134.583	1854.315	1357
1530	57.59054	83.63208	140.8259	204.5051	117

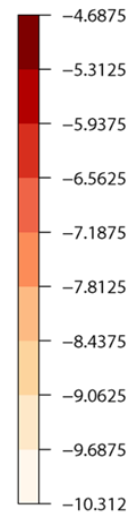


図4 密度色分け

カーネル密度推定結果より、クルーズ旅客は9時ごろに金沢駅から徐々に市内へ広がっている(図5, 図6)。この時点ではまだ金沢市内各地での密度は低く、兼六園や金沢城の西、香林坊付近から徐々にクルーズ旅客の分布が増加していることが確認できる。

10時ごろから各観光地へはっきりと分布が分かれていく(図7)。10時から11時の間では金沢駅、兼六園、ひがし茶屋街付近に集中して分布しており、11時を超えてくるとひがし茶屋街からクルーズ旅客が減っていき、金沢城と兼六園の密度が高くなっている(図10)。また、11時頃から図中の左下、兼六園と金沢城の南西方向にある西茶屋街付近の密度が高まっていることも特徴的である。

12時になると分布が広く広がっていき、近江町市

場の密度が高くなっている(図 12)。その他に金沢城の敷地内西側の密度も高まっている。金沢駅の分布は 11 時頃から徐々に少なくなっていたのだが、12 時頃から金沢港へ帰ろうとするクルーズ旅客が増えてくるからか、また少しずつ密度が高まっている。そして、13 時を過ぎるとクルーズ旅客の分布は金沢市内に薄く広がり、金沢港へ帰っていく人も見受けられるようになった。15 時ごろには観光を終え、ほとんどのクルーズ旅客が帰っていくとわかる(図 18)。

兼六園は終始多くのクルーズ旅客が分布していた。その他の観光地では、ひがし茶屋街、金沢城、近江町市場と次第に分布が変化していくことが判明した。

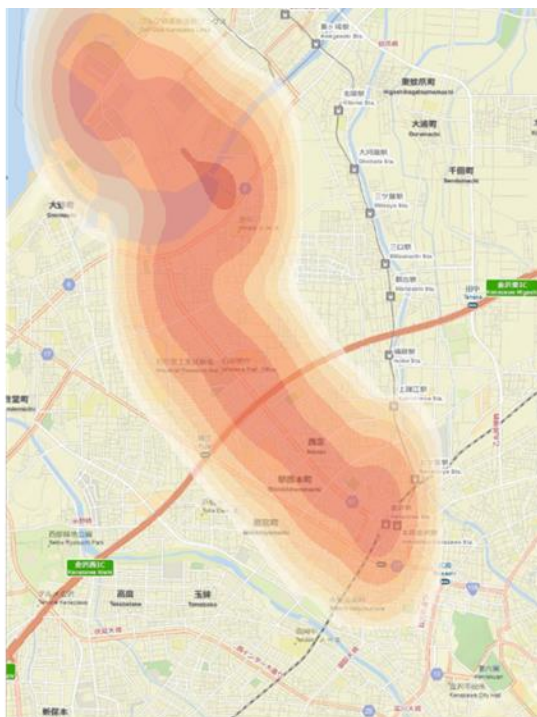
## 5. まとめと今後の課題

2015 年にクルーズ旅客に対して行った GPS 調査で収集した 14 人分のデータを使用して、カーネル密度推定を行った。カーネル密度推定を行うことで、複数のサンプルデータからクルーズ旅客全体の分布を推定することが可能になる。一定時間ごとにカーネル密度推定を行いクルーズ旅客の分布の変化を見ていくこと

で、クルーズ旅客の時間帯ごとの行動範囲を確認することができた。また単純に GPS のデータを点や線で表示するよりも理解しやすいということでも有用性を確認することが出来た。

結果、兼六園は終始多くのクルーズ旅客が分布しているが、ひがし茶屋街や近江町市場では時間帯によって分布に差が確認された。このように時間ごとの分布を知ることが出来れば、混雑の緩和などに役立てることが可能である。

本研究で使用したデータは 2015 年に調査した 1 年分のデータのみであり、今後は新しくサンプルデータを集め、より正確な推測結果を出すことが必要であると言える。また、カーネル密度推定を行う際にバンド幅などを調整し、1 つの観光地内での分布といった、より狭い範囲で詳細にクルーズ旅客の分布を分析していくことが課題である。



8:30~9:00

図5 8時半からの分布



9:00~9:30

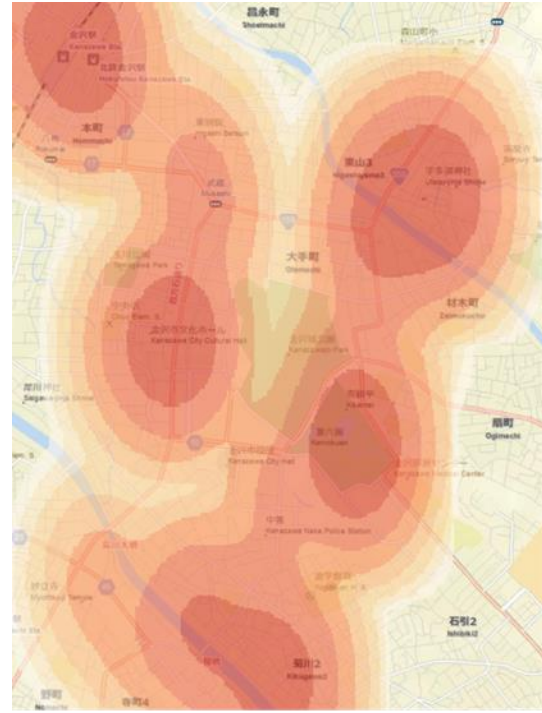
図6 9時からの分布





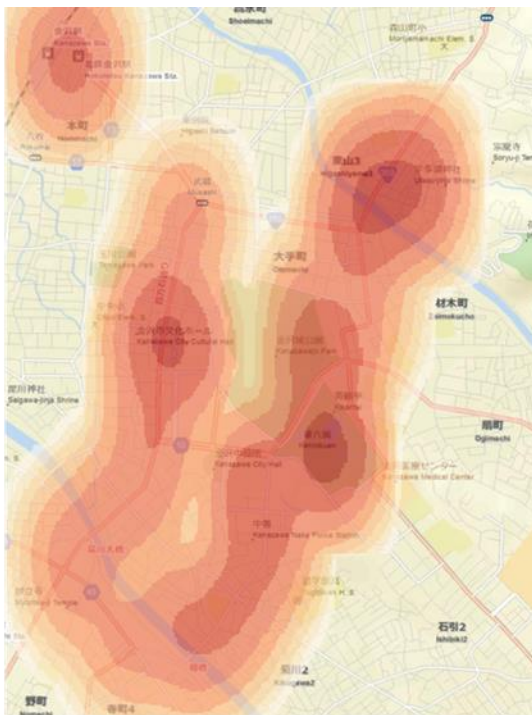
9:30~10:00

図7 9時半からの分布



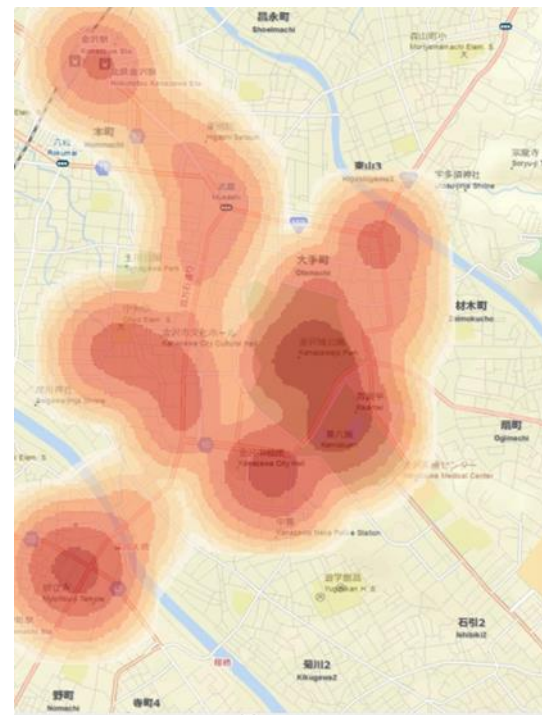
10:00~10:30

図8 10時からの分布



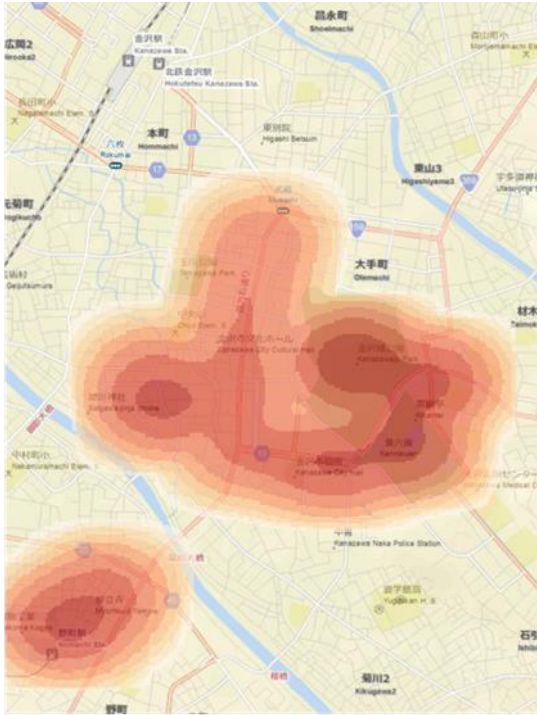
10:30~11:00

図9 10時半からの分布



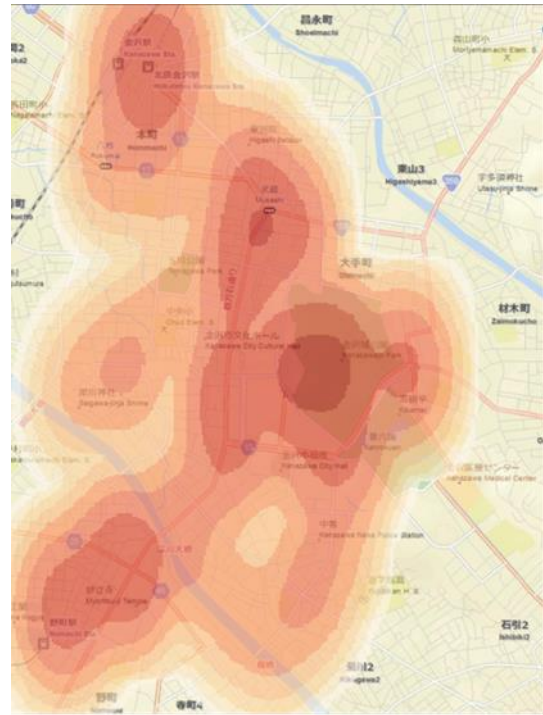
11:00~11:30

図10 11時からの分布



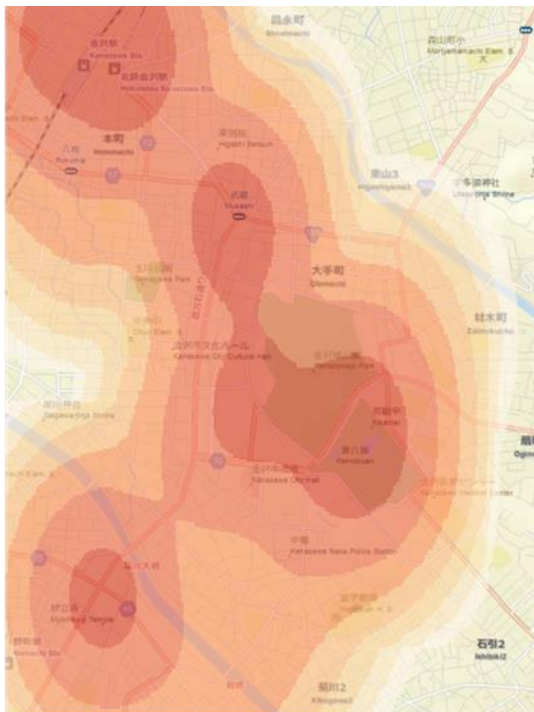
11:30~12:00

図11 11時半からの分布



12:00~12:30

図12 12時からの分布



12:30~13:00

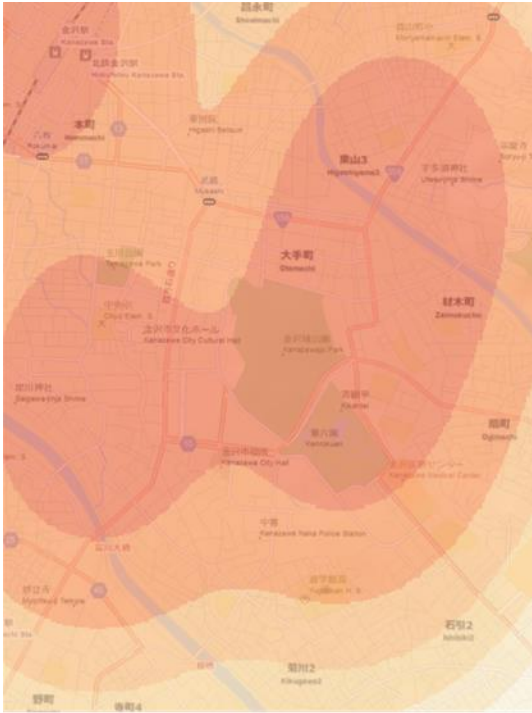
図13 12時半からの分布



13:00~13:30

図14 13時からの分布





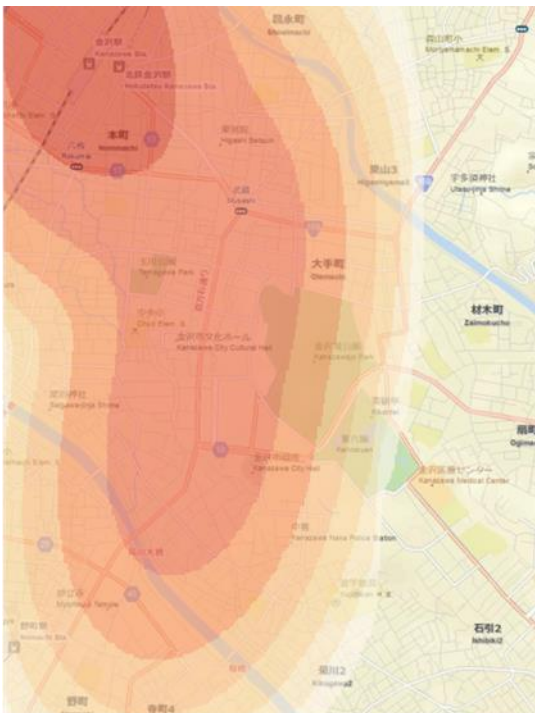
13:30~14:00

図 15 13 時半からの分布



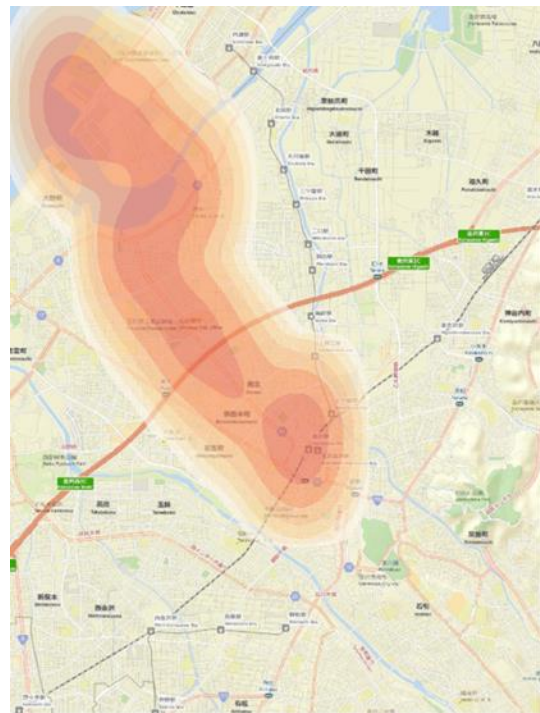
14:00~14:30

図 16 14 時からの分布



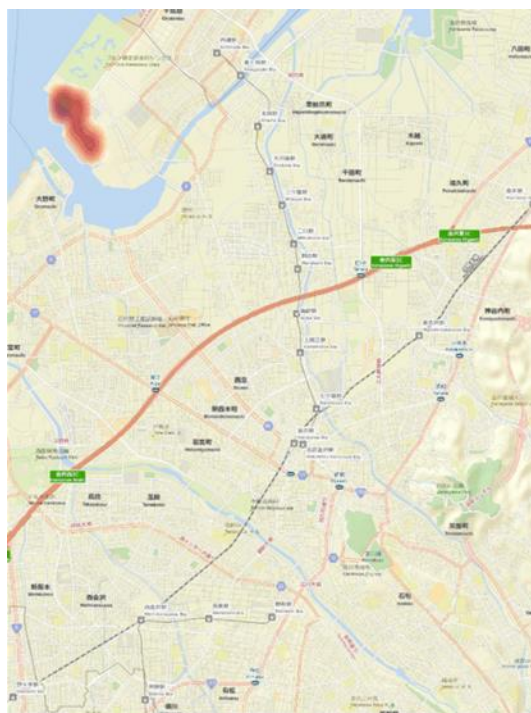
14:30~15:00

図 17 14 時半からの分布



15:00~15:30

図 18 15 時からの分布



15:30~16:00

図19 15時半からの分布