

福岡市における海陸風の挙動

福田, 和代
九州大学大学院総合理工学研究科大気海洋環境システム学専攻

松永, 信博
九州大学大学院総合理工学研究科大気海洋環境システム学専攻

<https://doi.org/10.15017/17480>

出版情報 : 九州大学大学院総合理工学報告. 20 (4), pp.335-339, 1999-03-01. 九州大学大学院総合理工学研究科
バージョン :
権利関係 :

福岡市における海陸風の挙動

福田和代*・松永信博**

(平成10年11月30日 受理)

Behaviors of land and sea breeze above Fukuoka City

Kazuyo FUKUDA and Nobuhiro MATSUNAGA

Climate change due to urban growth for 100 years and behaviors of land and sea breeze for 18 years have been investigated for Fukuoka City area. Change of population and meteorological data shows that the urbanization has caused the rising of temperature and the drop of relative humidity since 1945. In particular, the annual mean value of daily minimum temperature has increased at the rate of 2.7°C in the last 50 years.

The behaviors of land and sea breeze above Fukuoka City have been investigated on the basis of AMeDAS data from 1979 to 1996. Power spectra of wind speed obtained every month show a strong spectral peak at the diurnal frequency. Especially, the value becomes largest in August and September. The onset time of land and sea breeze in each month has been estimated from diurnal variations of mean wind velocity. The onset time of sea breeze at Fukuoka station in May becomes slightly early as years. The difference between the onset times of sea breeze at Fukuoka and Dazaifu stations shows that the penetrating speed ranges from 2m/s to 4m/s.

1. はじめに

都市域における地表面被覆の変化や人間活動による熱の排出は、ヒートアイランドを形成する原因となっている。また、都市化による陸面上の熱収支の変化は海陸風等の局地的な風系にも影響を及ぼす。日下ら¹⁾は、首都圏を対象とした土地利用の変化に伴う地域気候変化を数値計算で求め、都市の拡大に伴う高温域の拡大と海風の収束の強化を示した。一方で、海風によるヒートアイランドの緩和を目的とした都市計画も試みられており、都市化が海陸風に及ぼす影響を調べることは都市大気の大気環境を理解し制御する上で重要となっている。日本の沿岸都市における海陸風の特徴は堤²⁾らによって調べられており、中でも特に福岡市は他の都市と比較して夏季における海陸風出現日数が多いことが明らかにされた。従って、福岡市上空で形成される海風は都市化による気温上昇をかなり緩和するものと期待される。

本研究では福岡市を対象として都市域の大気環境の変化と年間を通じた海陸風の挙動について報告する。はじめに都市化による気候変動について述べ、次に年間を通じた海陸風の挙動に関する解析結果について議論する。都市化による気候変動に関しては、過去100年間の福岡管区気象台の観測データを用いた。また、海陸風の挙動に関しては、過去18年間のアメダス観測

データを用いて、月毎の風速変動成分に関するスペクトルと海陸風出現日における風速ベクトルの日変化について解析を行った。

2. 福岡市における都市化と気候変動

福岡市は背振、三郡山系に囲まれ、北側が玄界灘に面している沿岸地域に発達した都市である (Fig. 1)。夏季においては、海風が福岡市都市域の気温上昇を緩和していることが観測で示されている³⁾。

都市の気候変動を考える上で、都市化の指標として

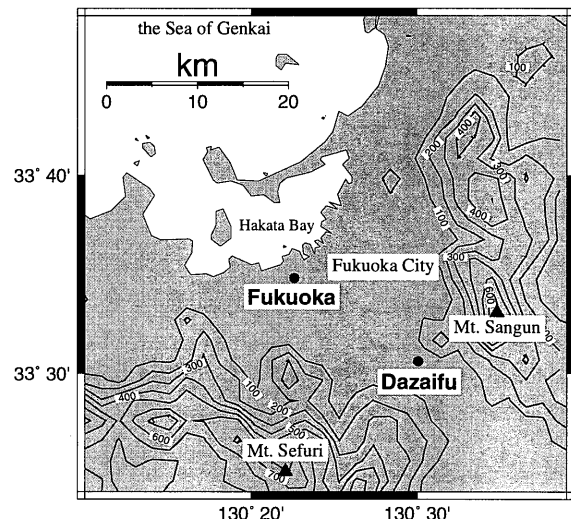


Fig. 1 Configuration of Fukuoka City area. AMeDAS stations are indicated by solid circles.

*大気海洋環境システム学専攻博士後期課程
**大気海洋環境システム学専攻

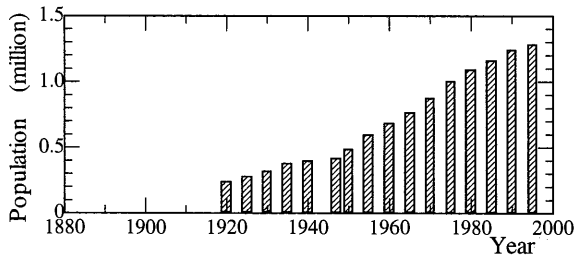
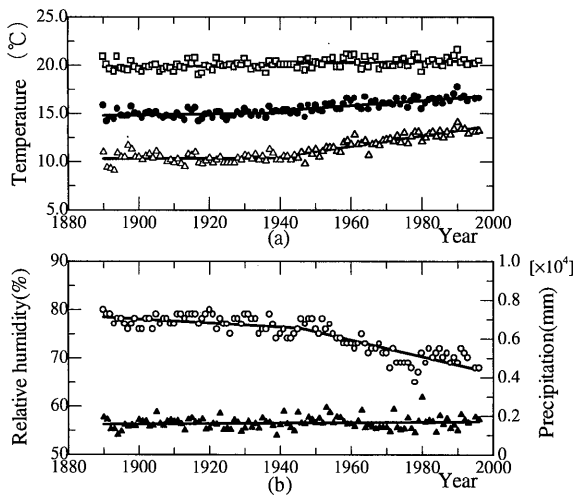


Fig. 2 Change of population of Fukuoka City from 1920 to 1996.



(a) Annual mean temperature (● : daily mean temperature, □ : daily maximum temperature and △ : daily minimum temperature).
(b) Annual mean relative humidity (○) and total precipitation (▲).

Fig. 3 Annual variations of meteorological data at Fukuoka District Meteorological Observatory from 1890 to 1996.

消費エネルギーの変化がしばしば用いられるが、本研究では都市化の指標として福岡市域の人口の推移を用いて過去約100年間における気象要素の変化について調べた。Fig. 2 は1920年以降の福岡市域における人口の推移を示す。1945年以降の人口の増加率は約18000人/年であり、1945年以前の約2.2倍となっている。これにより福岡市は最近の50年間で急速に都市化が進行していることがわかる。

Fig. 3 (a) は日平均気温、日最高気温、日最低気温の年平均値の変化を、(b) は相対湿度の年平均値および年間降水量の変化をそれぞれ示す。データは福岡管区気象台において1890年から1996年にわたって行われた地上気象観測から求められた値である。なお、(a) および (b) の図中に示される直線は最小二乗近似で求められた。人口の推移に伴い、1945年を境に気象要素にも変化が見られる。Fig. 3 (a) で示されるように日最高気温の増加の割合は過去100年間において0.004℃/年でほぼ一定である。一方、平均気温と日最低気温にお

いては1945年付近を境に増加率に大きな変化が認められる。平均気温の増加の割合は1945年以前において0.006℃/年であったが、1945年以降は0.026℃/年と4倍になっている。また、日最低気温の増加の割合は1945年以前において0.001℃/年であるのに対し、1945年以降は0.054℃/年に増加している。Fig. 3 (b) から1945年以前の相対湿度はほぼ一定であったが、1945年以降の50年間で約9%減少していることがわかる。降水量に関しては、やや増加する傾向にあるものの、過去100年でほぼ一定である。ヒートアイランドの特徴として、年平均気温と最低気温の上昇、相対湿度の減少などが挙げられるが、福岡市においてもその特徴がよく現れており、都市化に伴う気候変動が認められる。

3. 海陸風に関する解析

3.1. 解析データ

解析に用いたデータは、アメダス観測年報 CD-ROM に収録された福岡局と太宰府局の風向、風速、日照時間および降水量の特別値である。解析対象期間は1979~1996年の18年間とした。アメダスの観測地点が Fig. 1 に示される。両測定局間の水平距離は約14kmであり、風向風速計の地表面からの設置高さは福岡局において24.5m、太宰府局において6.5mである。

3.2. 解析方法および解析結果

過去18年間のデータについてスペクトル解析と風速ベクトルに関する解析を行った。ここでは主に1996年のデータに基づいて議論する。1か月にわたる時系列変化の一例として福岡局の1996年5月のデータを Fig. 4 に示す。Fig. 4 (a), (b), (c) および (d) は、それぞれ風速、風向、日照時間および降水量の変化である。時系列から1日を通して降水量が0であり、日照時間が日中に1.0h ある日においては、風速および風向のデータが明確な日周変動を示していることがわかる。この日周変動は、地表面加熱が十分である日に発生した海陸風の変化を表しているものと思われる。このことから、風速データのスペクトル解析を行えば、1日周期における強いパワーの出現が予測される。本研究では、MEM法⁶⁾を用いて1996年における月別の風速変動の周波数スペクトルを調べた。1ヶ月あたりのデータ数は約700個であり、風速の1ヶ月平均値からの変動成分に関してスペクトル解析を行った。

Fig. 5 に月毎に求められた風速変動の周波数 f とスペクトル $S(f)$ の関係を示す。図中の破線は $f=1.2 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ すなわち周期1日を表す。いずれの月においても1日周期の現象が明確であることがわかる。特に、4、5、8および9月には、周期1日におけるスペクトルが明確であり、その中でも8、9月のパワースペ

クトルは1年中で最大となる。また、冬季には $f=2 \sim 4 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ (周期約3~6日)におけるスペクトルが周期1日におけるスペクトルよりも卓越しているこ

とがわかる。これは、冬季には1日周期の局地循環よりも気圧配置の変化による総観規模の現象が卓越することを示している。従って福岡市周辺においては、4、

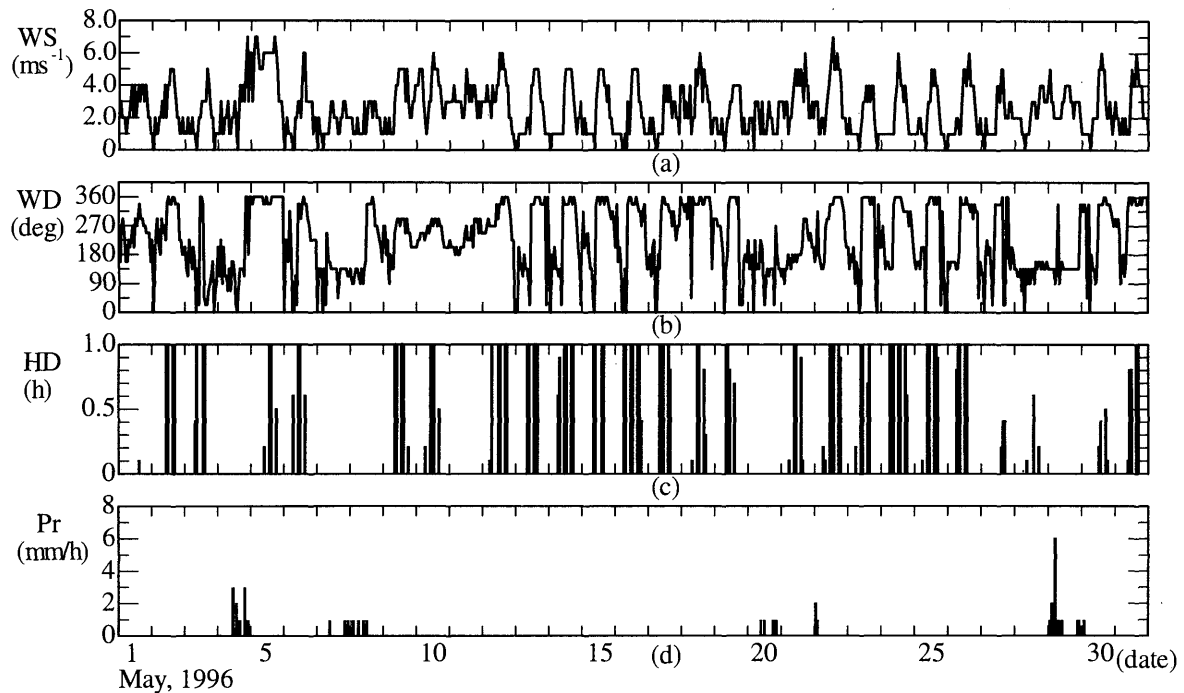


Fig. 4 Time series of (a) wind speed WS, (b) wind direction WD, (c) hours of daylight HD and (d) precipitation Pr.

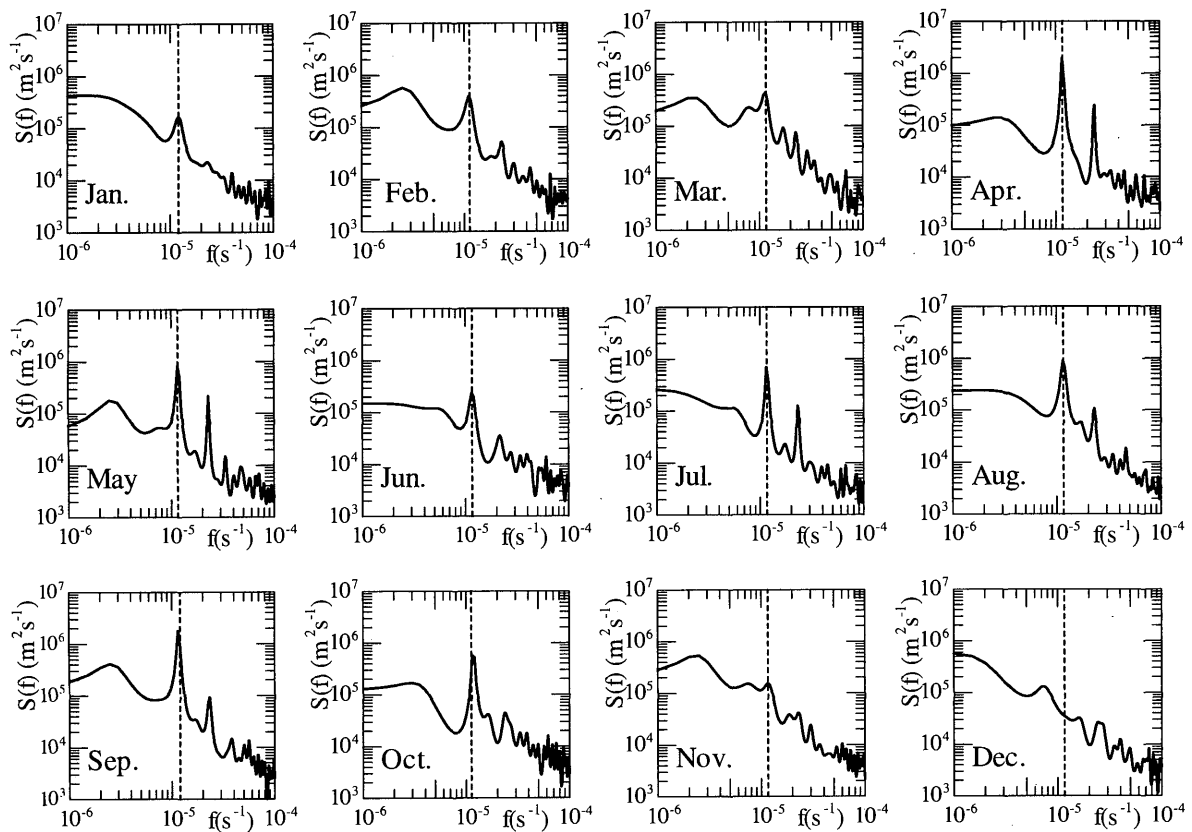


Fig. 5 Power spectral densities of wind speed in each month in 1996.

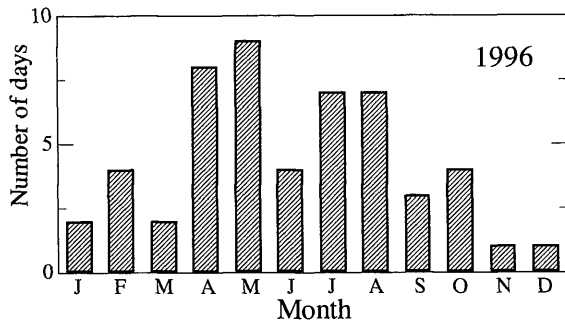


Fig. 6 The frequency of occurrence of land and sea breeze at Fukuoka station in 1996.

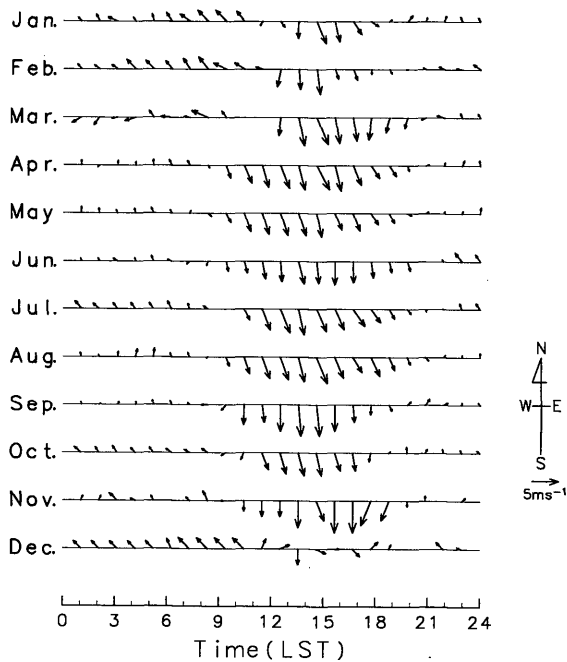


Fig. 7 Diurnal variations of mean wind velocity at Fukuoka station in each month of 1996.

5, 8, 9月に海陸風が出現しやすく, 冬季には海陸風よりも季節風が卓越することが結論づけられる。

次に, 海陸風出現日における風速ベクトルの月別日変化について述べる。海陸風出現日の判定は伊藤ら²⁾を参考にして, 以下の条件に従った。①1日を通して降水量が0mmである。②9~15時の日照時間の合計が4.8時間以上である。③6時に陸からの風, 15時に海からの風が吹き, 陸からの風と海からの風がそれぞれ4時間以上吹いている。本研究では, 福岡局のデータが①~③の条件を全て満たす日を海陸風出現日とした。

Fig. 6に上記の条件より求められた1996年の月別海陸風出現日数を示す。Fig. 6から冬季および6月における海陸風出現日数は4, 5月の半分以下であることがわかる。海陸風日の出現日数は, いずれの年においても同様な傾向が見られた。また, 出現日数とFig. 5における周期1日におけるスペクトルの大きさが対応

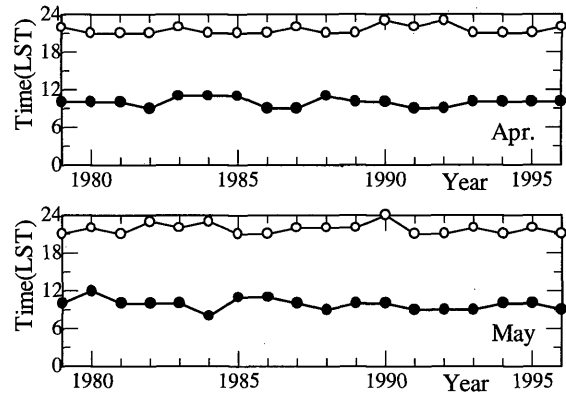


Fig. 8 Annual variations of onset time of land and sea breeze at Fukuoka station in April and May. Onset time of the sea breeze (●) and land breeze (○).

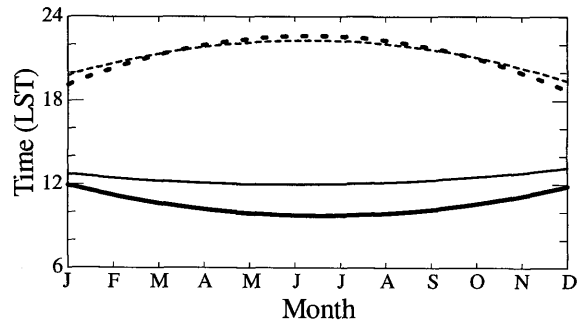


Fig. 9 Onset time of sea breeze at Fukuoka station (—) and Dazaifu station (---). Onset time of land breeze at Fukuoka station (.....) and Dazaifu station (— · —).

していることがわかる。

海陸風出現日における風向, 風速を月毎に平均して求めた風速ベクトルの月別日変化(1996年 福岡)をFig. 7に示す。ここでは, 地形を考慮して風向が北西になる時刻を海風の開始時刻とし, 風向が南東になる時刻を陸風の開始時刻とした。いずれの月においても, 地形の影響により, 風向が南東—北西軸に偏っている。また, 海風の風速は夏季に強く4m/s程度であることがわかる。陸風は年間を通じて2m/s以下であり, 海風と比較して弱いことが示される。海風の吹く時間帯がどのように変化するかを調べるため, Fig. 7と同様な1979~1996年の福岡・太宰府局における海陸風出現日の風速ベクトル図から, 海風と陸風が吹き始める時刻をそれぞれ読みとった。Fig. 8に海風出現日の多い月であり, 1日周期のスペクトルが明確であった4月および5月における海風と陸風の開始時刻の経年変化を示す。4月における海風・陸風の開始時刻は過去18年間ではほぼ一定である。5月においては, 陸風の開始時刻は18年間ではほぼ一定であるが, 海風の開始時刻は僅かであるが, 年と共に早くなる傾向が見られる。こ

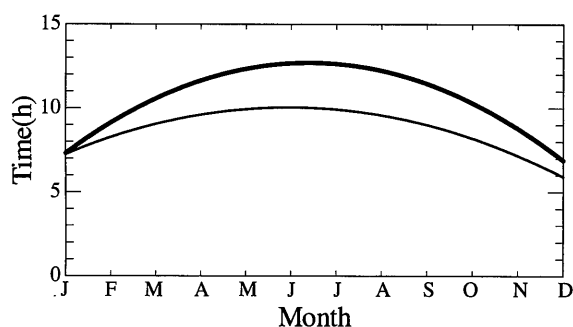


Fig. 10 Duration of sea breeze at Fukuoka station (—) and Dazaifu station (---).

これらのデータだけでは都市化による海陸風の開始時刻の経年変化が明確にはわからないが、都市化による陸面の気温上昇によって海風開始時刻が早まる可能性は考えられる。他の月においても、海陸風の開始時刻はほぼ一定もしくは、5月において見られる程度の変化が示された。

最後に18年間のデータから月別の平均的な海陸風の挙動について述べる。Fig. 9に、福岡・太宰府局における海風と陸風の開始時刻の変化を示す。曲線は、1979～1996年のデータに対し最小二乗法を用いて求められたものである。太宰府局の海風開始時刻は、福岡局に比べて1～2時間遅く、海風の侵入速度は2～4 m/sであることが見積もられる。一方、陸風の開始時刻は福岡局も太宰府局もほぼ同時である。Fig. 10に海風の継続時間の変化を示す。ここで、海風の継続時間は、海風開始時刻から陸風開始時刻までの時間とし、Fig. 9と同様に近似曲線で表される。福岡局における継続時間は夏季に約12時間、冬季に約7時間である。また、太宰府局における継続時間は夏季に約10時間であるが、冬季には福岡局と同じく約7時間程度である。

4. おわりに

福岡市を対象として都市化による気候の変化と海陸風の挙動について調べた結果を以下に要約する。

1) 過去100年にわたる地上気象観測の時系列変化と人口の推移を検討した。福岡市の著しい都市化が始まる1945年を境にして日平均気温、日最低気温および相対湿度の年平均値も大きく変化していることが明らかとなった。特に日最低気温は1945年以降50年間で2.7℃の上昇が認められた。

2) 夏季における月別の風速変動スペクトルは1日に対応する周波数において強いパワーを持つことが示された。一方、冬季においては気圧配置の変化とほぼ同じ3日周期のスペクトルが1日周期におけるスペクトルに比べて卓越していることが明らかとなった。

3) 過去18年にわたる海風開始時刻の経年変化から、5月の海風の開始時刻は年とともに若干早くなる傾向が認められるが、他の月においては開始時刻の変化はそれ程明瞭ではなかった。海陸風に及ぼす都市化の影響を調べるためには、過去の風速データをさらに詳細に解析する必要がある。

4) 福岡・太宰府の観測地点における海風の開始時刻を求めた結果、海風の侵入速度は2～4 m/sと見積もられる。また、福岡市における海風の継続時間は夏季に約12時間、冬季に7時間程度であることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 日下博幸, 木村富士男, 平口博丸, 水鳥雅文: 首都圏の土地利用変化に伴う地域気候変化, 日本気象学会1998年秋期大会講演予稿集, p.274, 1998.
- 2) 堤純一郎, 片山忠久, 石井昭夫, 西田勝, 林徹夫, 北山広樹: 気象データの統計解析による海岸都市における海陸風の特性に関する研究, 風工学シンポジウム, pp.43-48, 1988.
- 3) 堤純一郎, 片山忠久, 石井昭夫, 西田勝: 福岡市における海陸風, 風工学シンポジウム, pp.123-128, 1984.
- 4) 朝倉正, 関口理郎, 新田尚: 新版気象ハンドブック, p.374, 1995.
- 5) 福岡市: 第53回福岡市統計書平成9年版, pp.40-41, 1998.
- 6) 日野幹雄: スペクトル解析, 朝倉書店, pp.210-225, 1977.
- 7) 伊藤久徳・川添俊弘: 和歌山県における海陸風, 天気, Vol.30, pp.151-159, 1983.