九州大学学術情報リポジトリ Kyushu University Institutional Repository

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 AMe-DAS 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 ことは都市大気の熱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。らによって調べられており、その中でも特に福岡 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熱環境の変 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







(a) Annual mean temperature (igodot: daily mean temperature, \Box : daily maximum temperature and \triangle : daily minimum temperature).

(b) Annual mean relative humidity (O) and total precipitation (\blacktriangle).

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⁴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⁵⁰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.

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時別値である.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®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× $10^{-5}s^{-1}$ 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~ $4 \times 10^{-6} s^{-1}$ (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. 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" 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





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



and Dazaifu station (-----).

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2~4m/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.