

夏季における石狩～苫小牧間の海陸風循環

Land and Sea Breeze Circulation over Ishikari river basin

北海道大学工学部環境社会工学系 ○学生会員 福島 大輝 (Taiki Fukushima)
北海道大学大学院工学院准教授 正会員 山田 朋人 (Tomohito Yamada)

1.はじめに

日本では日本海側気候、太平洋側気候というものが存在する。例えば東北地方でいえば日本の背骨と呼ばれている奥羽山脈を境に西側を日本海側気候、東側を太平洋側気候と分類されている。それは標高の高い山々により風の流れ、雲の流れが山で遮断されることに起源される。それでは北海道の石狩から苫小牧を考えみる。すると、大きな山もなく（最大標高約 90m）日本海、陸地、太平洋といったように連なっている。つまり石狩から苫小牧にかけては大きな平野が広がっているとみなせる。

ここで気候の差異を生み出す大きな山々が存在しない地域において、一体どのようにして日本海側気候と太平洋側気候分類できるのかという疑問が残る。このような疑問を水文気象場に影響を与えやすい風の流れ、特に海陸風¹⁾を中心に検討を行う。

Niino (1987) は海陸風を生み出すのに必要不可欠な要素を 3 つ上げた。²⁾ i) 地温の日内変動 ii) 熱の拡散 iii) 静的安定性である。これは海と陸の熱コントラストが重要であることを示している。一方で海陸風の水平方向スケールに関してはコリオリ力、いわゆる緯度を考慮することが重要であると説いた。石狩～苫小牧間の距離は約 100km であり緯度はおおよそ 42. 623～43.21 度である。これを Niino (1987) の理論的な解析結果によると、水平方向スケールは約 40～50Km となる。^{1),2)} (図-1) このスケールは日本海側から恵庭近郊まで、太平洋側からでも恵庭近郊までの距離に相当する。つまり恵庭近郊は日本海側気候にも太平洋側気候にもなり得る可能性がある。

そこで本研究は日本海側の海陸風と太平洋側の海陸風平行スケールが海と陸の熱コントラストによりどう変化するかを既存の観測データ、また我々自分自身が設置した観測サイトデータにより捉えるものとする。本研究を進めることにより今後の地球温暖化に伴い海と陸の熱コントラストに変化が生じた場合、石狩川流域における気候特性の変化に結び付くことを念頭に置いて分析を行う

2.使用データ

象観測年報 AMeDAS 1 時間値 (1985～2009 年)
海況解析データ 日データ (1985～2009 年)
著者観測サイト (RECCA) のデータ (2011 年より設置)

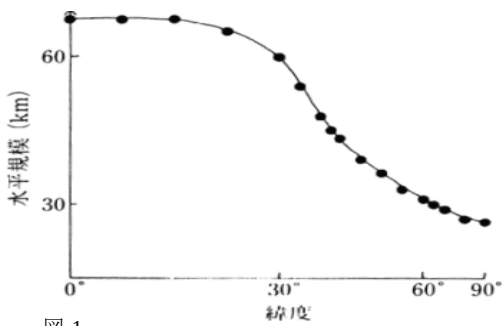


図-1 緯度に伴う海陸風系の水平規模の変化(新野,1987)

3.著者の観測サイトについて

(I) 概要

2011 年 3 月より気候変動適応研究推進プログラム (RECCA) の一環として「北海道を対象とする総合的ダウンスケール手法の開発と適用」が始まった。このプロジェクトにより気象庁が持っている観測サイト (AMeDAS) の間を縫うように RECCA の観測サイトを持ち、より細かく観測できるようにしていく。現在、石狩～苫小牧の平野ラインは AMeDAS ポイントが 9 つ、それに加えて RECCA の観測ポイントが 5 つ、計 14 ヶ所で観測できるようになった。また我々の観測では風向、風速、日射、気温、湿度、気圧、降水量、積雪深に加えて地温、土壌水分も計測している。

表 1 観測サイト (AMeDAS および RECCA) 緯度経度一覧表

観測サイト緯度経度一覧表	標高 (m)	緯度	経度
●石狩サイト (RECCA)	8	43.211	141.414
●石狩 (AMeDAS)	10	43.19333333	141.37
●手稲山口 (AMeDAS)	10	43.14666667	141.2217
●江別 (AMeDAS)	8	43.11	141.6017
●西野幌 (AMeDAS)	22	43.11	141.6017
●逆川サイト (RECCA)	11	43.087	141.432
●札幌 (AMeDAS)	59.5	43.06	141.3283
●長沼 (AMeDAS)	13	43.01166667	141.6933
●南6号サイト (RECCA)	5	42.983	141.626
●八剣山サイト (RECCA)	210	42.982	141.258
●恵庭 (AMeDAS)	10	42.925	141.565
●駒里サイト (RECCA)	25	42.806	141.722
●千歳 (AMeDAS)	9.8	42.775	141.6917
●厚真 (AMeDAS)	10	42.73	141.8883
●苫小牧 (AMeDAS)	20.1	42.62333333	141.5467

(II) 解析結果と考察

データ期間は限りがあるが著者の観測で分かってきたことを紹介する。以下、2011 年 8 月 5 日から 8 月 20 日の南 6 号サイトのと駒里サイトの風向である。(図-2 図-3)

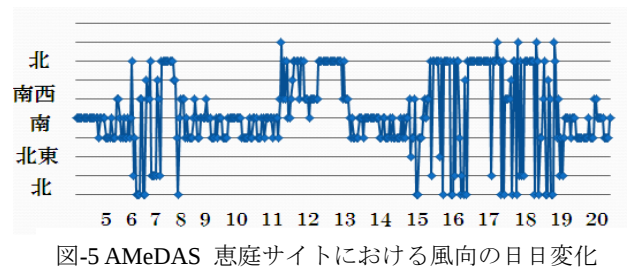
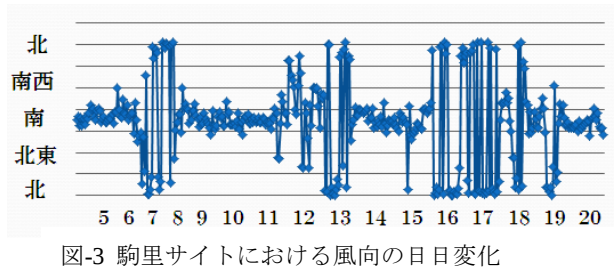
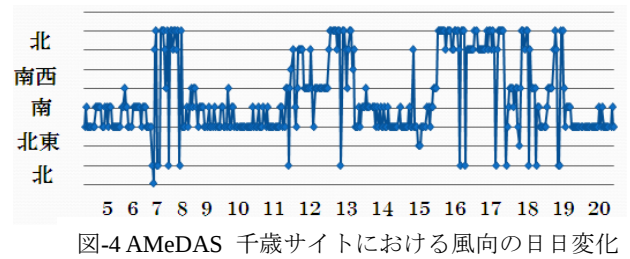
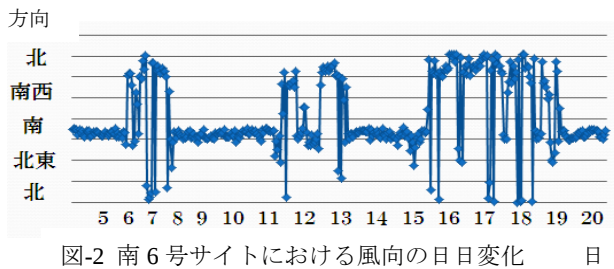


図-2、図-3を比較してみると南 6 号サイトと駒里サイトの風向の日日変動はほぼ同じであることがわかる。これから南 6 号サイトと駒里サイトでは風が連動していることがわかる。

ここで AMeDAS のデータと比較してみる。AMeDAS には恵庭サイトと千歳サイトが存在する。その二つを結ぶ直線ラインのほぼ中央に著者の駒里サイトがある。この 3 ポイントにおいて風の連動性があるかを検討してみる。ここで風の連動性をとらえることは海陸風の水平方向スケールに重要な意味を成す。条件は同じで 2011 年 8 月 5 日から 8 月 20 日までの風向の振幅を考える。

(図-4,5) 図 3,4,5 を比較してみると風向の日日変動としては同じような振幅がみられる。3 つのサイトにおいて風の連動性をもつという可能性は示せた。しかし著者の観測は始まったばかりでデータに限りがある。よって次の章からは過去 25 年の AMeDAS データ、海況解析データを用いて海陸風分布の特徴を捉えることにする。

4.AMeDAS と海況解析データの解析結果

第 1 章で海と陸の熱コントラストの重要性は説いた。この章では日本海、石狩～苫小牧ラインの陸地、太平洋と大きく(海、陸、海)と分類し手が海表面温度(Sea Surface Temperature; SST)が内陸の海陸風にどのような影響を与えているか議論していく。以下、石狩から苫小牧の平野ラインに存在する AMeDAS データ(手稲山口、石狩、札幌、西野幌、江別、長沼、恵庭、千歳、厚真、苫小牧 1985~2009 年)を扱う。また海陸風と一般風を区別するためにも海陸風が起きやすい晴れの日(どのサイトでも雨が全く降らない)という条件の日を扱うものとする。また SST を解析する上でも同じ日を選ぶこととする。

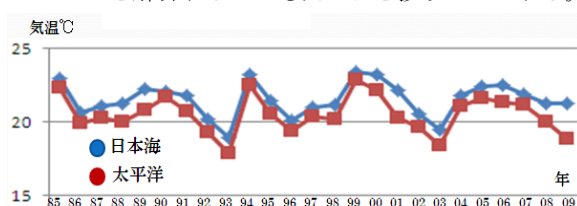


図-8 晴れの日限定の 1985~2009 年 8 月日本海 SST と太平洋 SST のグラフ

表 2、図-8 における日本海 SST、太平洋 SST の過去 25 年間気候値

表 2	気候値℃
日本海 SST	21.58193
太平洋 SST	20.53055
温度差	1.05138

(I) 日本海沿岸地域における海陸風分布

以下で述べる海陸風とは昼夜で複数時間連続して同じ風向きかつ風向きが逆転する場合とする。また日本海沿岸地域とは手稲山口、石狩、札幌サイトのこと、太平洋沿岸地域とは苫小牧、厚真サイトのこと、残りの AMeDAS サイトを日本海、太平洋沿岸地域に挟まれる地域とする。

(イ) 石狩サイト

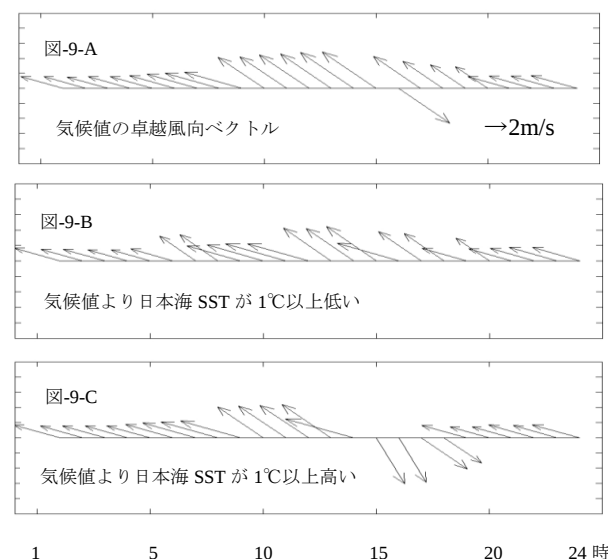


図-9-A 過去 25 年(1985~2009 年)8 月の石狩における気候値卓越風向ベクトルの日内変化、図-9-B 日本海 SST が気候値より 1℃以上低い年(92,93,96,03 年)の 8 月の卓越風向ベクトルの日内変化、図-9-C 日本海 SST が気候値より 1℃以上高い年(85,94,99,00,05 年)の 8 月の卓越風向ベクトルの日内変化

(ロ) 手稲山口サイト

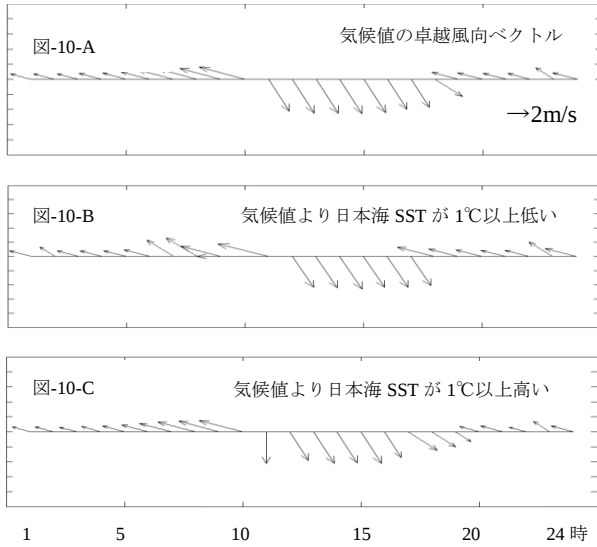


図-10-A 過去 25 年 8 月の手稲山口における気候値卓越風向ベクトルの日内変化、図-10-B 日本海 SST が気候値より 1°C以上低い年の 8 月の卓越風向ベクトルの日内変化、図-10-C 日本海 SST が気候値よりも 1°C以上高い年の 8 月の卓越風向ベクトルの日内変化

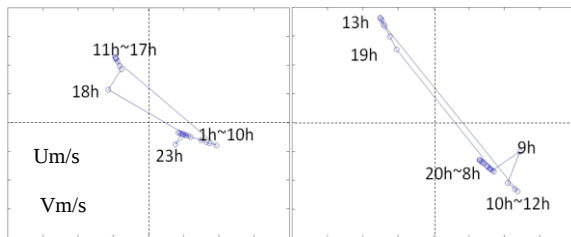


図-10.5 8 月の気候値卓越風向ホドグラフ(左図、手稲山口 右図、札幌) 以下ホドグラフ図は風の東西方向成分を U ベクトル 南北方向を V ベクトルとし、グラフの端を 4m/s とする

石狩サイトにおいては図-9-C の場合に海陸風がみられる。日本海 SST が 1°C以上高くなると海風の時間が増加し、低くなると減少することがわかる。

手稲山口サイトにおいて、図 10-A、B、C よりどの場合でも海陸風は起きている。石狩サイトと同様に日本海 SST が 1°C以上高くなると海風の時間が 1 時間増加し、低くなると 1 時間減少することがわかる。

札幌サイトでは図-11-A,B を比べる日本海 SST が 1°C以上下がるとう海風が吹き付ける時間帯が減少することがわかる。ただし図-11-A,C を比べるとわかるとおり日本海 SST が 1°C以上高くなっても海風の吹き付ける時間は変化しなかった。札幌が手稲山口、石狩よりも内陸に位置するのが原因だと考えられる。

図-10.5 より手稲山口、札幌のホドグラフの回転は反時計回りとなる。この 2 サイトでは SST が気候値より 1°C以上高い場合でも反時計回りになった。これは Sakazaki and Fujiwara(2008)が示す地表面の摩擦を考慮した場合のホドグラフ回転の向き³⁾と同じ結果となった。しかし図-11.5 より石狩では海陸風が明瞭になった場合のみ、手稲山口、札幌と同じ反時計回りになる。卓越風向の時計回り回転は石狩川の影響を受けているからだと考えられる。

(ハ) 札幌サイト

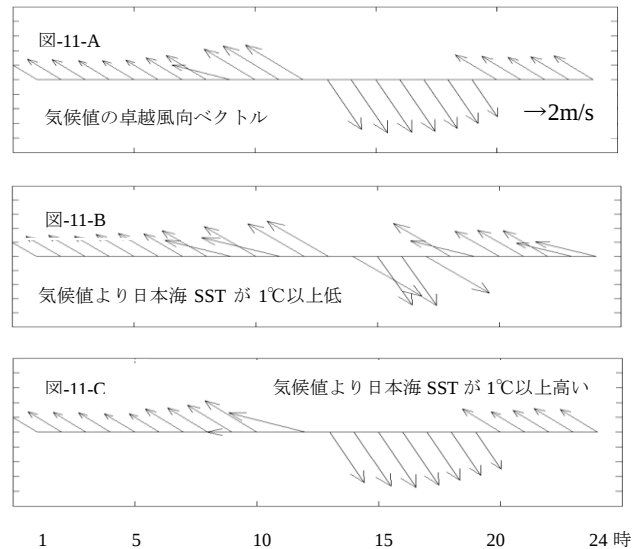


図-11-A 過去 25 年 8 月の手稲山口における気候値卓越風向ベクトルの日内変化、図-11-B 日本海 SST が気候値より 1°C以上低い年の 8 月の卓越風向ベクトルの日内変化、図-11-C 日本海 SST が気候値よりも 1°C以上高い年の 8 月の卓越風向ベクトルの日内変化

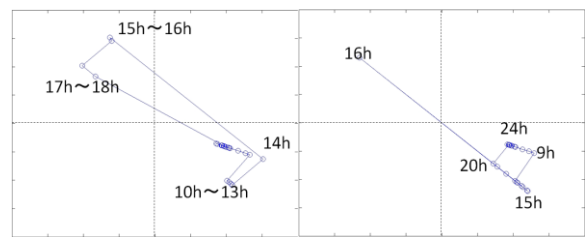


図-11.5 左図 日本海 SST が 1°C以上気候値よりも高い場合の卓越風向ホドグラフ (石狩) 右図 過去 25 年 8 月の気候値卓越風向ホドグラフ

(II) 太平洋沿岸地域における海陸風分布

(二) 苫小牧サイト

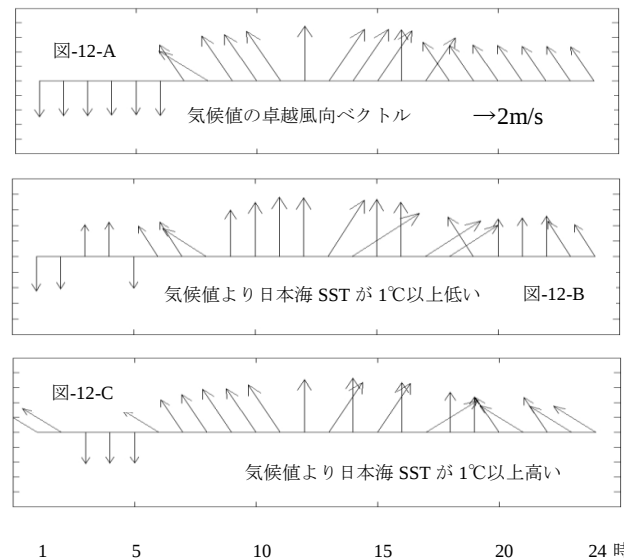


図-12-A 過去 25 年 8 月の手稲山口における気候値卓越風向ベクトルの日内変化、図-12-B 日本海 SST が気候値より 1°C以上低い年の 8 月の卓越風向ベクトルの日内変化、図-12-C 日本海 SST が気候値よりも 1°C以上高い年の 8 月の卓越風向ベクトルの日内変化

(ホ) 厚真サイト

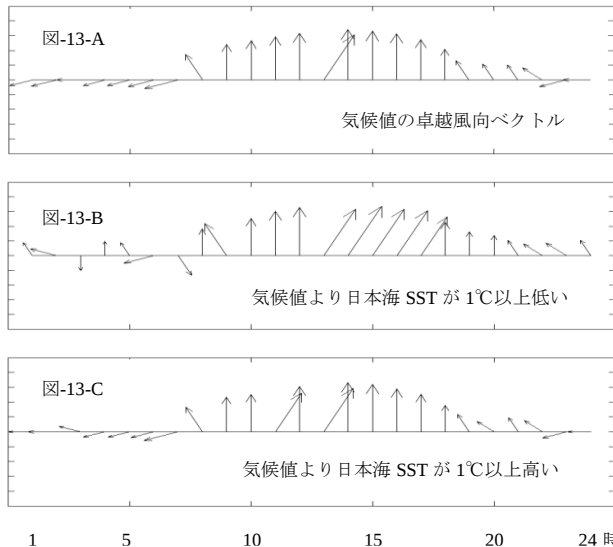


図-13-A 過去 25 年 8 月の手稲山口における気候値卓越風向ベクトルの日内変化、図-13-B 日本海 SST が気候値より 1°C 以上低い年の 8 月の卓越風向ベクトルの日内変化、図-13-C 日本海 SST が気候値よりも 1°C 以上高い年の 8 月の卓越風向ベクトルの日内変化

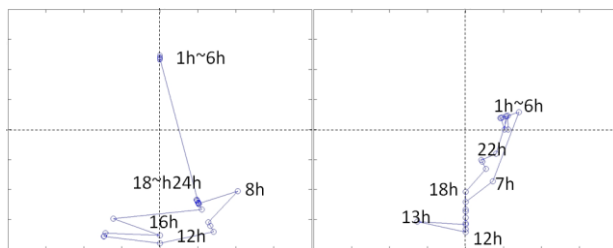


図-13.5 過去 25 年 8 月の気候値卓越風向ホドグラフ (左図, 苫小牧 右図, 厚真)

苫小牧サイトでは図-12-A,B,C をみると海陸風はどのような場合でも起こっている。図-12-A,C を比べると太平洋 SST が上昇すると海風が 3 時間増加することがわかる。また図-12-A,B より太平洋 SST が上昇しても海風の時間が増加することがわかる。

厚真サイトでは図-13-A,C では海陸風が起こっている。図-13-A,C とともに卓越風向ベクトルはあまり変化が見られない。太平洋 SST の上昇による海風、陸風への影響はあまりないことがわかる。しかしながら、図-13-A,B を比べると太平洋 SST の下降により海風の時間が増加することがわかった。また図-13.5 よりホドグラフの回転は時計回りとなった。この回転方向も Sakazaki and Fujiwara(2008)が示すホドグラフ回転の方向³⁾と同じ結果となった。

(Ⅲ) 日本海沿岸地域、太平洋沿岸地域に挟まれる地域における海陸風分布

図-14 よりどのサイトでも時間帯かわらず南風が卓越していることがわかる。条件をかえて日本海 SST が 1°C 以上気候値より高い、低い年、太平洋 SST が気候値より 1°C 以上高い、低い年の卓越風向ベクトルの日内変化をみても図-14 と同じように各サイト南風が卓越しており海陸風は見られなかった。

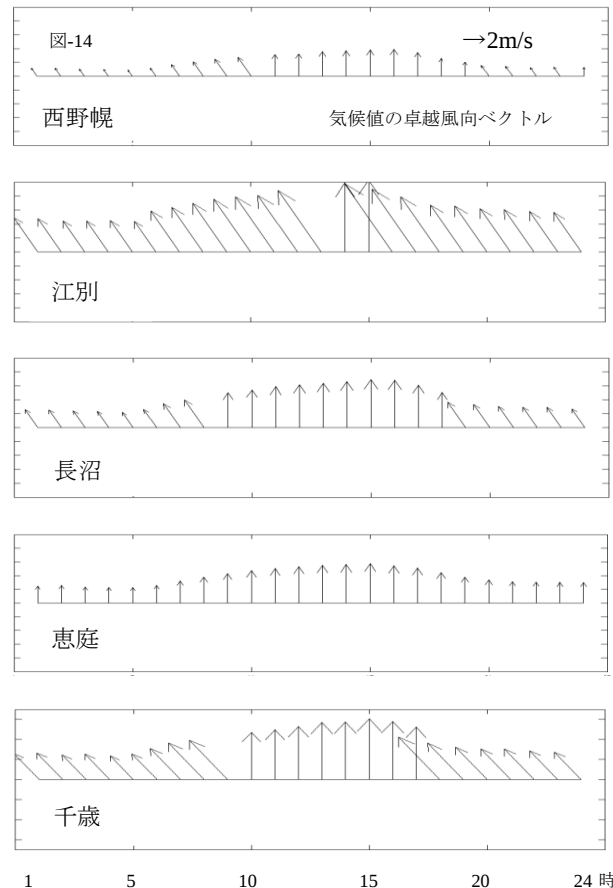


図-14 各サイト過去 25 年における気候値卓越風向ベクトルの日内変化

5.考察

(Ⅰ),(Ⅱ),(Ⅲ)より日本海沿岸～札幌あたりまで卓越風での海陸風循環がおこり、太平洋～苫小牧、厚真あたりまで卓越風での海陸風循環がおこることがわかった。日本海、太平洋沿岸地域では日本海、太平洋 SST の高低により海風、陸風の時間の増減は確認できたが、平行スケールで海陸風が内陸地域まで伸びることは確認できなかった。内陸地域では卓越風での海陸風循環は見られることはなく、南風が一日中卓越することがわかった。このことから内陸地では卓越風向に SST の影響があまり及ばないこともわかる。またこの南風は、札幌あたりと苫小牧、厚真あたりの温度勾配がもたらすものではないだろうか。今後は、陸地の温度勾配、山谷風の影響など考え研究をしていきたい。

6.謝辞

本研究を行うにあたり、データを提供してくださった文部科学省気候変動適応研究推進プログラム(RECCA)に感謝の意をここに記します。

参考文献

- 1) 浅井富雄 ローカル気象学
- 2) Niino H.,1987: The linear Theory of Land and Sea Breeze Circulation.J.Meteor.Soc.Japan,65,901-921
- 3) Sakazaki T and Fujiwara M 2008: Diurnal Variation in Summertime Surface Wind upon Japanese Plains: Hodograph Rotation and Its Dynamics.J Meteor.Soc.Japan,86,787-803