



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	地形因子と衛星データを用いたメッシュ単位の風速推定に関する研究
Author(s)	王, 秀峰; Wang, Xiufeng; 田村, 篤史 他
Citation	北海道大学大学院農学研究科邦文紀要, 24(1), 1-14
Issue Date	2001-11-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12197
Type	departmental bulletin paper
File Information	24(1)_p1-14.pdf



地形因子と衛星データを用いたメッシュ単位の風速推定に関する研究

王 秀峰¹⁾・田村 篤史²⁾・河田 聖一³⁾・町村 尚⁴⁾
星野 宏治⁵⁾・谷 宏¹⁾

¹⁾北海道大学大学院・農学研究科・環境資源学専攻・地域環境学講座・農地環境情報学分野

²⁾群馬県高崎土地改良事務所

³⁾日本気象協会東北支社

⁴⁾大阪大学大学院・工学研究科・地球総合工学専攻・地球循環共生工学領域

⁵⁾北海道後志支庁

Studies on the estimation of wind speed at each cell using geographical factors and satellite data

Xiufeng WANG¹⁾, Atsushi TAMURA²⁾, Shoichi KAWADA³⁾, Takashi MACHIMURA⁴⁾,
Kouji HOSHINO⁵⁾, Hiroshi TANI¹⁾

¹⁾Laboratory of Environmental Information of Land, Graduate School of Agriculture,
Hokkaido University

Sapporo, 060-8589, Japan

²⁾Takasaki Land Improvement Office, Gunma Prefecture Government,
Takasaki, Gunma, 379-0805, Japan

³⁾Tohoku Branch of Japan Weather Association,
Sendai, 982-0841, Japan

⁴⁾Recycle and Symbiotic Engineering, Department of Global Architecture,
Graduate School of Engineering, Osaka University,
Suita, Osaka, 565-0871, Japan

⁵⁾Shiribeshi Subprefectural Office, Hokkaido Government,
Abuta, Hokkaido, 044-8588, Japan

I. はしがき

風速は温度や降水ほど一般耕地の作物生育に制限要素とはなっていない。しかし、強風地帯では風速が作物生産量を左右する重要な気象要素で、このようなところでは農家は防風施設の設置がかかせない。また、強風地帯では風速分布の情報が営農対策上からも重要であるが、風速は局地性が強く、風向によっても風速が変化するため、詳細な風速分布を知るのは困難である。この困難な風速分布を知るため、国土数値情報からの地形因子と気候データを組合せたメッシュ風速が計算されている。しかし、このメッシュ風速分布は多くの場合、月単位の気候値であるため利用価値が少なく、精度の検証も行われていない。

一方、メッシュ単位の風速分布を推定する方法に、衛星熱赤外データを使用することが考えられる。衛

星熱赤外データは地表面の熱放射を受信したデータであるため、地表面の熱的現象の解析に利用できる。地表面が同じような土地利用の場合、風速が強いと地表面からの熱の輸送が多くなり、地表面温度は低下する。したがって、地表面温度から風速分布の推定が可能であると思われる。

本研究では、国土数値情報からの地形因子を用いた風速分布を計算し、実測風速と比較してその精度を検証した。また、衛星熱赤外データから地上の表面温度（以下、地表面温度）を求め、この地表面温度から風速分布を推定する可能性について検討した。

II. 研究方法

研究は強風地帯である北海道石狩平野の南部において、風速の実測を行うと共に、アメダス観測点の風速と地形因子を用いて計算した風速（以下、この

方法を地形因子法)と比較した。さらに、この測定期間中の衛星熱赤外データを取得し、実測風速との関係性を求め、衛星熱赤外データを用いて風速の推定(以下、この方法を衛星法)が可能かどうかを調べた。

A. 研究対象地域

研究対象地域は、北海道石狩平野の南部に位置する当別町、新篠津村を中心とする南北約28 km、東西約31 kmの大きさで、北緯43°05′~43°20′、東経141°22.5′~141°45′の範囲である。この地域は日本海と太平洋に連なる平坦地で水田が広がっている地帯であるが、夏には太平洋から日本海や内陸部に強い南寄りの風が吹き抜ける地域である。この研究対象地域を図1に示す。図1の様に、この地域を国土数値情報と等しく南北30秒(0.93 km)、東西45秒(1.02 km)に区切り(以下、これをメッシュという)、北西端から東の方向に1~30まで番号をつけ、ピクセル番号とした。さらに、北西端から南方向に1~30まで番号をつけ、ライン番号とした。

B. 風速の実測

風速分布の測定期間は1995年~1998年の4年間で、測器などの関係で年によって測点数が異なり、1995年6点、1996年17点、1997年15点、1998年12点である。これらの測点(Ws1~Ws17と命名)はいずれも付近に防風林や建物が無い所である。これらの位置を図1に示してある。測点12(Ws12)は新篠津アメダス観測点の近くに設置し、アメダス風速との比較に用いた。なお、1998年は1995年~1997年

の風速分布を参考に測点を若干移動し、測点番号も変更した。各測点と研究対象地域内にあるアメダス観測点のピクセル番号とライン番号を表1に示す。

風速の測定法は各測点に約3.5 mの観測ポールを立て、これに小型ロビンソン風速計と回転計を取り付け、この回転計の読み取りから平均風速(以下、実測風速)を計算した。回転計の読み取りは6~17測点を1~3人で朝(8~9時頃)と昼(13時頃)又は夕(17~18時頃)に巡回して読み取りをしたため、正確には各測点は同じ時刻の風速ではない。しかし、平均風速は1995年には午前と午後の各々の4時間平均値で、1996年~1998年は日中の8~9時間の平均値であるため、各測点の差異は少ないと思われる。なお、平均風速が計算できた日数は1995年6月14日~7月19日内の4日間、1996年5月28日~9月19日内の12日間、1997年5月28日~9月18日内の40日間、1998年は5月14日~8月21日内の14日間である。また、使用した風速計は測定前に北大農場で三杯光電式風速計との比較により検定を行った。後に示す様に、これらの実測風速のうち、南寄りの強風が卓越する6月と7月における南寄りの風向時のデータを主に解析に使用した。

C. 地形因子法によるメッシュ風速の計算法

アメダス観測点の風速と地形因子を用いて、メッ

表1 風速観測点のメッシュ(ピクセル、ライン)位置

測点番号	1995年~1997年		1998年	
	ピクセル	ライン	ピクセル	ライン
Ws1*・#	16	24	16	24
Ws2#	12	23	12	22
Ws3#	18	21	06	19
Ws4#	15	20	03	14
Ws5*・#	08	19	15	20
Ws6#	20	18	10	18
Ws7#	05	17	20	19
Ws8*・#	11	17	15	15
Ws9#	17	17	19	14
Ws10#	14	15	12	12
Ws11#	09	16	21	09
Ws12*	22	14	22	04
Ws13	19	14	—	—
Ws14*・#	17	13	—	—
Ws15#	11	12	—	—
Ws16#	20	09	—	—
Ws17*・#	21	05	—	—
石狩アメダス観測点	01	17	—	—
新篠津アメダス観測点	22	14	—	—
月形アメダス観測点	20	01	—	—

注：1995年測定は*印の6点、1996年測定は全17点、1997年測定は*印の15点

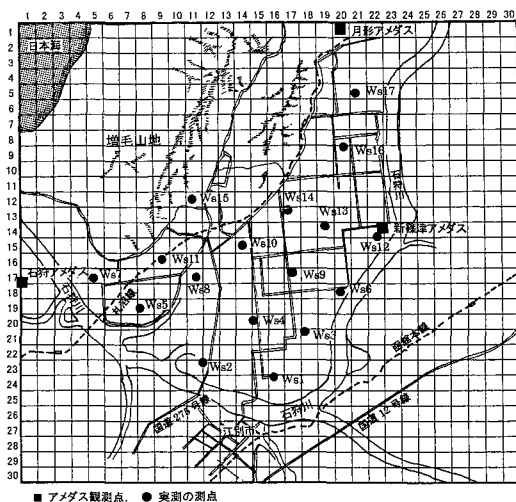


図1 研究対象地域

メッシュ単位の風速分布を計算した（以下、これをメッシュ風速）。使用したアメダス観測点は、石狩平野に存在する標高 100 m 以下の観測点で、表 2 に示す 15 点である。これらのアメダス観測点における 1990 年～1994 年の風速データを使用した。風速分布は風向によって異なると思われる。夏に研究対象地域で卓越する風向は南寄りの風であるため、石狩、新篠津、月形のアメダス観測点の風向が全て南寄りのと

表 2 解析に使用したアメダス観測点

地点番号	地点名	北緯	東経	標高(m)
14071	厚田	43°23.7'	141°26.5'	5
14101	新篠津	43°13.2'	141°39.0'	9
14116	山口	43°08.7'	141°13.6'	5
14161	札幌	43°03.5'	141°19.9'	17
14171	西野幌	43°02.5'	141°32.7'	22
14206	恵庭島松	42°55.4'	141°34.2'	30
15116	石狩沼田	43°48.4'	141°57.0'	63
15161	深川	43°43.0'	142°04.7'	55
15231	空知吉野	43°35.6'	141°44.2'	100
15241	滝川	43°34.1'	141°56.7'	48
15251	芦別	43°30.9'	142°11.6'	90
15311	月形	43°19.7'	141°37.4'	50
15321	美唄	43°19.9'	141°51.3'	25
15356	岩見沢	43°12.6'	141°47.3'	42
15431	長沼	43°00.6'	141°41.8'	13

きの風速データを使用して風速分布を計算した。また、メッシュ風速の計算は実測を行った 6 月の平均風速と 7 月の平均風速および 6・7 月の平均風速で、高度は 6.5 m に換算した。

地形因子を計算するための標高データは、国土数値情報（建設省国土地理院）の標高データファイルを使用した。国土数値情報標高データファイルをもとに、国土数値情報 3 次メッシュの標高を計算し、さらに種々の地形因子を計算した。使用した地形因子は、小峯ら¹⁾が定義した陸度、海度、遮蔽度、収束度、流通方位余弦、海岸方位余弦である（表 3）。アメダス観測点の月平均風速と地形因子を連立させ、ステップワイズ法で重回帰式を決定し、これを用いて研究対象地域全体のメッシュ風速分布を計算した。

このメッシュ風速分布から表 1 に示した風速測点の 6 月、7 月および 6・7 月の平均風速を読み取り、実測の南寄りの風の 6 月、7 月および 6・7 月の平均風速と比較した。この場合メッシュ風速と実測風速では、データの統計年や統計数が異なり厳密な比較は出来ない。しかし、南寄りの風向時の研究対象地域における風速分布は大きな差異がないと仮定し、定性的な比較を行った。

表 3 メッシュ風速の計算に使用した地形因子

地形因子	記号	説明
陸度	$Ln, (n=1, 2, \dots, 20)$	当該メッシュを中心とする 1 辺 $2n+1$ メッシュの正方形領域内の陸地メッシュの割合。
海度	$Sn, (n=1, 2, \dots, 20)$	当該メッシュを中心とする 1 辺 $2n+1$ メッシュの正方形領域内の海面メッシュの割合。
遮蔽度	$SHn, h, (n=1, 2, \dots, 20, h=0, 10, 20, 50, 100m)$	当該メッシュを中心とする 1 辺 $2n+1$ メッシュの正方形の 4 辺上のメッシュの内、中心メッシュより h メートル以上高いメッシュの割合。
収束度	$COVn1, n2, h1, h2, (n1, n2=1, 2, \dots, 20, h1, h2=0, 10, 20, 50, 100m)$	n と h が異なる 2 つの遮蔽度を求め、次の式で計算した値。 $COVn1, n2, h1, h2 = (SHn1, h1 - SHn2, h2) / (SHn1, h1 + SHn2, h2)$
流通方位余弦	$ORIn, h, t, (n=1, 2, \dots, 20, h=0, 10, 20, 50, 100m, t=0, \pi/4, \pi/2, 3\pi/4)$	当該メッシュを中心とする半径 n の円周上のメッシュのうち、中心より h メートル以上高くないメッシュを選択する。このようなメッシュが連続するとき、これを開いた領域と呼ぶ。これを用いて次ぎの優先順位で流通方位を決定する。①両方が開いた領域の中心方位、②片方のみ開いた領域の中心方位。なお、これらが複数存在する場合、開いた領域が大きい方を流通方位とする。次ぎに北を 0 として、時計方向に $t=0, \pi/4, \pi/2, 3\pi/4$ をとり、流通方位との差の余弦の絶対値を流通方位余弦とする。
海岸方位余弦	$SEn, h, (n=1, 2, \dots, 20, h=0, 10, 20, 50, 100m)$	ORI と同様に流通方位を求める。また、当該メッシュから最も近い海面メッシュの方位を海岸方位とする。流通方位と海岸方位の差の余弦の絶対値を海岸方位余弦とする。

D. 衛星法による推定風速の計算法

風速が強いところは地表面温度が低温であるとの仮定のもとに、衛星データから計算した地表面温度を用いて風速を推定した。

a. 使用したデータ

使用した衛星は極軌道気象衛星 NOAA(以下、ノア)のデータとランドサット TM(以下、ランドサット)のデータである。ノアの地上分解能は1.1 km×1.1 kmで、国土数値情報の1 kmメッシュとおおよそ等しい。このノアの1996年および1998年に観測された27データを使用した。解析に使用したノアデータの観測日時を表4に示す。また、表4には衛星データ取得時のアメダス観測点(石狩・新篠津・月形)の風向・風速も示してある。

さらに、より詳細な風速分布を調べるため、地上分解能が30 m×30 mのランドサットデータを使用した。しかし、ランドサットデータは1年間の使用可能なデータ数が少ない。そのため過去の6月、7月のデータを使用して定性的な解析をした。使用したデータは1987年6月22日、1991年6月1日、1993年7月8日、の3シーンである。なお、アメダス観測点によると、1987年6月22日は北寄りの風向で弱風(新篠津で2 m/s)、1991年6月1日は南寄りの風向で比較的強風(新篠津で7 m/s)、1993年7月8日は南寄りの風向で風速が中庸(新篠津で4 m/s)であった。

b. 解析方法

1) ノアデータの解析法

ノアデータから対象地区の地表面温度分布図を得るため、データの座標変換と温度変換、大気補正の処理を行った。座標変換には堀口ら²⁾が開発したノアデータ処理システムを使用し、このとき国土数値情報の3次メッシュと同じ座標とした。なお、座標変換の精度は、ほとんどの画像について1画素以内であった。温度変換と大気補正については、チャンネル4(波長10.3~11.3 μm)およびチャンネル5(11.5~12.5 μm)の熱赤外データを使用し、McMillinとCrosby³⁾が開発した(1)式を使用した。

$$T_s = T_4 + 2.702(T_4 - T_5) - 0.582 \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 T_s は地表面温度(°C)、 T_4 および T_5 はチャンネル4およびチャンネル5の輝度温度(°C)である。

2) ランドサットの解析法

ランドサットデータ(パス108, ロウ30)から解

析対象地域を切り出し、(2)式のLAR Cubic Model⁴⁾を使用して、温度(以下、地表面温度)に変換した。この式は北米大陸ミシガン湖の湖面温度を計算するため用いられた経験式である。したがって、衛星データの取得時の地表面温度とは正確には一致しないが、同一シーン内の相対的な温度差は正しいと考えられる⁵⁾。

$$T_s = -38.33 + 0.46 \cdot DN_6 \quad \dots\dots\dots(2)$$

ただし、 T_s : 地表面温度(°C)、 DN_6 : TMデータバンド6のデジタル値。

計算した地表面温度を画像化し、場所による高低を調べた。ランドサットのバンド6の地上分解能は120 m×120 mであるが、データは4ピクセルが同じ数値で、30 mごとに入っている。この30 mごとの地表面温度を画像化した。

III. 解析結果および考察

A. 実測風速分布の解析

a. アメダス観測点の風向・風速と実測風速の解析

観測期間中の実測風速を解析する前に、アメダス観測点の風向・風速を調べた。1995年と1996年のWs12は新篠津アメダス観測点の近くに設置してある。まず1996年について、実測の風速とアメダス観測点の風速(実測時間中の平均風速)との相違を知るため、両者の風速を比較した。その結果を図2に示す。両者はほぼ1:1の関係にある。両者の測定高度(アメダス観測点は8 m, Ws12は3.5 m)や周囲の状況が若干異なることを考慮すると、観測は比較的正確に行われたと考えられる。そのためWs12の風速を測定していない1997年は、この回帰式を利用してWs12の風速を計算した。

観測期間中に得られたデータを、石狩、新篠津、月形のアメダス観測点の風向を用いて、南寄りの風向とその他の風向にデータを分類した。解析にはデータ数が多い南寄りの風向時のデータのみを使用した。解析に用いた南寄りの風向について、月別・風速別のデータ数を表5に示す。なお、南寄りの風向は3箇所のアメダス観測点の風向がS~ESEの範囲とした。また、風速別の分類は各点の実測の平均値を用いた。

得られた全実測データ76日の内、71%は南寄りの風(54日)で、特に6月は全データ26日の内、南寄りの風(22日)が85%でその割合が高かった。また、

表4 解析に使用したノアデータ (NOAA-14号) およびアメダス観測点の風向・風速

年	No.	取得日 (月/日)	通過時間	アメダス観測点の風向・風速 (衛星観測時)			
				石 狩	新篠津	月 形	
1996	1	05/08	13:01	4m/s NNW	2m/s SSW	2m/s SW	
	2	05/28	12:45	3 NNW	2 SSW	3 WSW	
	3	06/06	12:48	4 E	3 S	3 S	
	4	06/14	13:02	3 N	2 WSW	2 SSE	
	5	08/27	13:01	2 SE	4 S	3 S	
1997	6	05/09	13:34	3.5 E-ESE	2.0 E-ENE	2.0 ESE-E	
	7	05/19	13:25	3.5 ESE	2.0 SSE-SE	-	
	8	05/28	13:27	5.5 NW	7.0 WNW-W	1.5 WNW	
	9	06/15	13:31	4.5 NW	7.0 WNW	2.0 WNW	
	10	06/16	13:20	4.0 SE	6.5 S-SSE	6.5 S	
	11	07/03	13:35	3.0 ESE	5.0 S-SSE	3.5 S	
	12	07/13	13:26	2.0 W-NW	3.0 NW	3.5 WSW-SW	
	13	07/14	13:15	2.5 E-ESE	4.0 S	3.0 S-SSW	
	14	07/21	13:39	5.0 N-NNW	2.5 SSW	2.0 S	
	15	07/22	13:17	3.0 ESE	3.5 S-SSW	2.5 S-SSW	
	16	08/28	13:25	2.0 ENE-N	1.5 SW-W	1.0 SSW-W	
	1998	17	05/26	13:59	5 N	6 NW	2 WNW
		18	05/27	13:48	3 SE	7 S	6 SSE
		19	05/28	13:37	3.0 SE	5.5 S-SSE	5.5 S
		20	06/23	13:51	3 SE	7 SSE	5 S
		21	06/24	13:53	3 SE	6 S	6 S

注：アメダスの風速については、1997年全データと1998年5月28日は13:00と14:00の平均値、その他は13:00または14:00の値

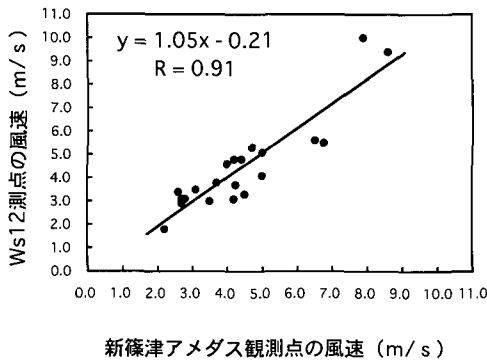


図2 新篠津アメダス観測点の風速と Ws12 測点の風速の比較

風速別頻度を見ると、得られたデータの内、3.1~5.0 m/s の範囲の風速が多く、特に6月、7月にこの風速のデータ数が多かった。なお、過去のアメダスデータの解析によると、勇払平野が南寄りの風向時、Ws1、Ws2付近で分流して石狩湾方面と石狩平野北部方面に分れる場合と、石狩湾から吹いてきた風と太平洋岸からの風が、Ws1、Ws2付近で合流して石狩平野北部に北上する場合がある⁶⁾。

b. 実測値による風速分布

実測で得られた南寄りのデータを用いて解析地区内の実測風速分布を調べた。南寄り風向時の実測風速分布は、5 m/s 以上のときは複雑で、測点間の風速差は大きい、3 m/s 以下のときには解析地区の風はほぼ均一になっている。しかし、実測風速分布の傾向は強風時も弱風時もおなじである。すなわち、勇払平野を北上してきた風が、Ws1、Ws2付近で石狩平野北部方面と石狩湾方面に分流しているのがわかる。さらに、石狩平野北部方面の風は北上するにつれ減風しているが、石狩湾方面の風は強風になっている。図3に3.1~5.0 m/s の実測風速分布の例を示す。

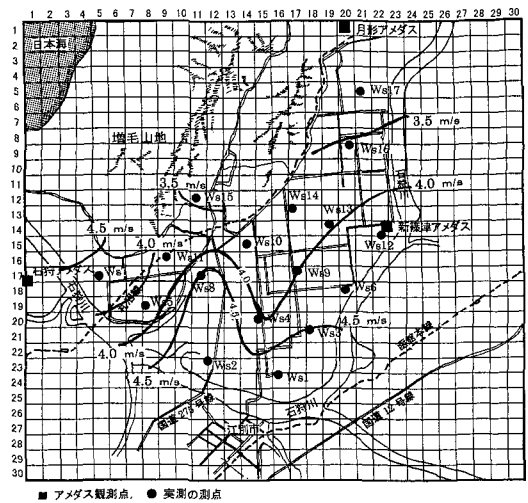


図3 南寄りの風向で3.1~5.0 m/s の実測風速分布

B. 地形因子法によるメッシュ風速の解析

3ヶ所のアメダス観測点が南寄りの風向時のメッシュ風速を計算した。6月と7月の結果を図4、5に示す。これらのメッシュ図によると、6月のメッシュ風速では大きな風速を示すメッシュは、地区の北側や地区中央部に多く現れている。特に、測点 Ws13、Ws16、Ws17 付近に現れている。しかし、実測で強風を示した Ws2、Ws8 などの強風域は、メッシュ図の強風域には現れていない。7月のメッシュ図(図5)にも測点 Ws14、Ws16 付近の山側に強風域があるが、Ws1 や Ws3 は弱風域になっており、実測と一致していない。この傾向は6・7月の平均風速のメッシュ図についても同じである。そのため実測の風速とメッシュ風速を比較した。

実測の測点について6月、7月と6・7月のメッシュ風速値を読み取り、実測風速の6月、7月と6・7月の平均風速と比較した。6月の平均風速と7月の平均風速について、メッシュ風速と実測風速の関係を図6に示す。また、風速別の相関係数と回帰分

表5 実測で得られた南寄りの風向時のデータ数

年 計	月別データ数					風速別データ数			
	5月	6月	7月	8月	9月	3.0m/s以下	3.1~5.0m/s	5.1m/s以上	
1995	6	5	1	-	-	1(-+1+0+--+)	3(-+2+1+--+)	2(-+2+0+--+)	
1996	12	0	8	4	0	2(0+0+2+0+0)	8(0+6+2+0+0)	2(0+2+0+0+0)	
1997	26	0	6	10	6	4	6(0+1+1+2+2)	16(0+4+6+4+2)	4(0+1+3+0+0)
1998	10	6	3	1	0	-	0(0+0+0+0+0)	4(2+1+1+0+0)	6(4+2+0+0+0)
合計	54	6	22	16	6	4	9(0+2+3+2+2)	21(2+13+10+4+2)	14(4+7+3+0+0)

注：() 内は5月+6月+7月+8月+9月のデータ数、-は実測を行っていない月

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	###	###	###	###	2.8	2.2	2.0	1.9	2.1	2.3	2.4	2.0	2.7	3.4	2.6	3.0	1.8	2.5	2.3	2.5	1.3	2.7	2.7	1.1	1.2	2.9	2.3	2.9	2.9	2.9		
2	###	###	###	###	2.2	1.7	2.1	1.8	2.0	2.9	2.5	2.0	3.0	2.6	2.2	2.5	2.2	2.6	2.6	1.4	3.0	2.9	1.3	1.3	3.0	2.5	2.5	2.6	3.5	3.4		
3	###	###	###	###	3.7	3.3	2.4	3.5	3.4	2.8	3.2	4.0	3.5	3.5	2.3	2.1	2.1	2.6	2.9	1.1	2.9	2.8	3.0	1.3	3.0	3.0	2.8	2.8	2.9	2.9	3.6	
4	###	###	###	###	2.8	2.4	2.6	2.7	2.2	2.3	3.8	3.8	3.5	3.4	3.3	2.3	2.7	3.2	3.2	1.0	3.2	2.9	2.9	2.5	3.1	3.2	2.2	2.0	2.2	2.9	2.6	
5	###	###	###	###	4.0	3.0	2.8	2.6	2.6	2.1	1.9	2.5	3.1	3.3	2.9	2.4	2.4	3.4	3.2	3.0	3.2	3.4	2.7	2.5	1.7	3.1	3.3	2.2	2.0	2.2	3.0	2.7
6	###	3.4	3.1	3.3	2.3	1.6	2.3	2.6	2.2	2.5	2.6	2.3	2.4	2.4	3.2	3.2	3.1	2.6	3.3	3.4	2.8	2.3	3.2	3.4	3.5	3.5	2.4	3.2	3.1	3.2		
7	###	3.8	2.9	3.2	2.2	2.7	2.5	2.0	2.5	2.7	1.9	2.7	2.6	2.5	3.3	3.2	3.4	2.8	3.4	3.3	3.1	3.2	3.5	3.6	3.6	3.6	2.6	3.1	2.9	3.0		
8	3.3	2.8	2.9	2.7	2.4	2.5	1.9	2.3	3.1	3.1	2.3	2.4	2.2	2.3	2.8	3.1	3.1	3.3	3.5	3.4	2.6	2.7	2.9	3.0	3.0	2.2	2.3	2.9	2.9	2.9		
9	2.6	2.5	2.2	2.1	2.2	2.3	2.2	2.2	2.3	1.3	3.0	3.4	2.9	2.2	2.5	2.8	3.2	3.4	3.5	3.3	3.1	2.5	2.4	3.0	3.1	2.5	2.3	2.3	2.9	2.8	2.8	
10	2.8	2.2	2.2	2.2	1.9	1.8	2.4	2.2	2.5	3.0	3.3	2.7	2.6	2.8	2.9	3.2	3.0	3.5	3.7	3.0	2.4	2.3	2.9	3.2	2.7	2.5	2.7	2.7	3.0	3.0		
11	2.7	2.2	1.9	2.5	2.3	2.2	1.9	2.2	1.9	2.4	2.8	2.5	2.7	2.9	3.4	3.2	3.4	3.6	3.7	3.6	2.2	2.3	3.3	3.4	2.2	2.8	2.8	2.7	2.9	3.0		
12	2.8	2.1	1.8	2.7	2.7	2.2	2.0	2.5	2.3	2.6	2.8	2.9	2.9	3.2	3.4	3.1	3.0	3.1	3.6	3.3	2.5	2.8	3.2	2.8	3.2	2.7	2.7	2.7	2.5	2.8		
13	2.8	2.4	1.9	2.4	2.4	1.9	2.5	2.7	2.1	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.3	3.2	2.8	2.9	3.2	3.2	2.9	3.1	3.6	2.7	2.4	2.6	2.6	2.7	2.5	2.5		
14	1.6	2.5	2.3	2.1	2.3	2.6	2.6	1.9	2.3	3.3	2.9	3.0	2.8	2.9	3.2	3.5	3.6	2.5	3.0	3.2	3.1	3.4	3.4	3.0	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6		
15	###	2.3	2.1	2.1	2.2	2.7	2.8	2.3	3.0	3.0	3.0	2.7	2.8	3.1	3.0	3.2	3.2	2.7	2.9	3.4	2.5	2.3	3.2	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.8		
16	2.7	1.9	2.6	2.2	2.4	2.5	2.5	2.7	2.9	2.8	2.2	2.6	2.8	3.1	3.1	3.1	2.9	2.9	3.3	2.9	2.6	2.5	2.5	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	3.1	2.9		
17	2.8	3.0	1.8	2.2	2.3	2.4	2.6	2.5	2.7	2.8	2.3	2.5	2.8	3.0	3.0	3.3	3.0	2.7	2.9	3.3	2.9	2.8	3.1	2.7	2.8	2.9	2.9	2.8	3.0	2.7		
18	2.8	2.4	2.0	2.0	2.5	2.6	2.5	2.5	2.2	2.1	2.4	2.5	2.7	3.1	3.3	3.1	3.1	2.9	3.1	3.4	3.1	3.0	3.2	2.9	3.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.5		
19	2.2	2.3	1.8	1.9	2.1	2.4	2.2	2.6	2.3	2.4	2.4	2.6	2.9	2.8	3.0	3.2	3.1	2.4	2.3	2.3	3.2	3.1	3.3	3.0	3.1	2.9	2.6	2.6	2.6	2.6		
20	1.7	1.8	1.8	1.1	1.2	2.3	2.4	2.3	2.4	2.7	2.5	2.8	2.9	2.8	2.9	3.0	2.7	2.4	2.3	3.6	3.3	3.2	3.2	3.1	2.7	2.5	2.4	2.6	2.6	2.4		
21	1.7	2.3	2.2	2.3	2.8	2.4	2.0	1.9	2.2	2.5	1.9	2.1	2.8	2.7	3.0	3.1	2.7	2.2	2.9	3.6	3.5	3.3	3.0	2.5	2.2	2.5	2.5	2.7	2.7	3.2		
22	2.4	2.6	2.6	3.4	3.3	2.9	2.7	1.9	2.3	3.2	2.5	2.3	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.3	2.4	3.1	3.5	3.4	3.1	2.6	2.4	2.7	2.8	2.8	2.8	3.3		
23	2.0	2.6	3.8	3.8	3.8	3.2	3.1	2.4	2.4	2.8	2.6	2.6	3.3	3.0	2.3	2.1	1.9	1.8	2.0	1.1	1.8	2.1	3.2	2.8	2.7	2.8	2.8	2.6	2.7	3.0		
24	1.6	2.6	3.6	3.8	3.8	3.7	3.2	3.6	2.9	2.6	2.1	2.3	3.2	3.1	2.5	2.4	2.3	2.2	1.6	1.2	1.8	3.1	3.0	2.7	2.5	2.7	2.8	2.7	2.5	2.6		
25	1.7	2.8	3.1	3.2	2.9	2.8	3.7	3.6	3.5	2.4	2.7	3.0	2.6	2.2	2.1	2.3	2.0	2.0	1.7	1.6	2.6	3.0	2.9	2.5	2.4	2.2	2.1	2.4	3.1	2.1		
26	2.3	2.8	2.7	2.8	1.9	2.3	3.6	3.7	2.3	3.0	2.6	2.7	2.7	2.4	2.2	2.1	2.0	0.4	0.2	1.6	2.5	2.9	3.2	3.0	2.3	2.2	2.1	2.0	2.5	2.0		
27	2.8	2.9	2.9	2.5	2.3	2.2	3.3	3.3	2.9	3.2	2.5	2.9	2.7	2.5	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.9	3.1	3.5	3.4	2.7	2.6	2.3	2.1	1.5	2.0		
28	1.9	2.6	2.8	2.7	2.2	3.1	3.1	2.9	3.1	2.7	2.6	3.0	2.8	2.5	2.1	1.9	1.6	1.7	1.7	1.2	1.8	2.6	3.3	3.2	3.0	2.9	2.7	2.3	1.5	2.0		
29	1.5	2.9	2.8	2.5	2.2	2.6	2.5	2.4	2.6	2.8	2.9	2.9	2.8	2.4	1.9	1.8	1.7	1.8	2.0	2.6	1.9	2.6	2.4	3.0	2.9	2.8	2.6	2.4	1.4	1.7		
30	1.8	2.8	2.9	2.4	2.6	2.3	2.3	2.0	2.3	2.7	2.6	3.0	2.5	2.4	1.6	1.4	1.4	1.5	1.9	2.7	3.0	2.6	2.6	2.7	2.9	2.8	2.8	2.6	1.4	1.8		

図4 南寄りの風向時のメッシュ風速分布 (6月)

析の結果を表6に示す。

全測点の実測風速とメッシュ風速の相関は悪く、7月の3.0 m/s 以外はいずれも負の相関である。両風速の相関係数は正の値でなければならない。特に、6月と7月の5.1 m/s 以上の実測風速とメッシュ風速の相関係数は負で有意性を示している。このことは実測風速が強いほどメッシュ風速は実測風速と一致しないことを意味している。

図6によると、実測風速に対して、特に弱いメッシュ風速を示す測点は、Ws 1, Ws 2, Ws 3, Ws 7, Ws 8である。これらの測点は、南寄りの風向時に強風域である。これらの測点を除いて相関関係を調べた。その結果を表6に示してある。いずれも相関係数は正になり、相関も良くなっている。また、6月の全平均風速と3 m/s 以下の風速および6・7月の全平均風速は5%の有意水準で有意性を示した。7月の全平均風速と3 m/s 以下の風速は有意性

を示さなかったが、全測点データの3.1~5.0 m/s および5.1 m/s 以上より相関係数は大きい。すなわち、強風域はメッシュ風速に現れていないことを示している。また、強風域を除いた場合でも、メッシュ風速は強風時(5.1 m/s 以上)の実測風速とは相関が良くない。これはメッシュ風速の計算に用いた地形因子が平均的な風速分布を示すが、局所的な風速を十分表さないことを示している。

以上のメッシュ計算に使用したデータは実測に使用した風速データと年度が異なる。しかし、共に南寄りの風向時のデータを使用し、しかも6月および7月の南寄りの風が多く平均風速が大きい時期である。そのため解析結果に大きな相違は無いと考えられる。メッシュ図は平均的な気候値や気象値を表すものとして、気温、降水など多くの気候要素や気象要素の計算に用いられてきた。しかし、この解析でも明らかのように局地性が強い気候要素や気象要素

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
1	###	###	###	###	3.1	2.4	2.1	2.1	2.2	2.1	2.3	1.9	2.2	2.9	2.2	2.9	1.4	2.3	2.0	2.4	1.4	2.4	2.3	1.2	1.3	2.7	2.0	2.6	2.6	2.6				
2	###	###	###	###	2.4	2.0	2.1	2.0	2.4	2.6	2.2	1.6	2.5	2.1	1.9	2.3	1.9	2.3	2.8	1.4	2.9	2.5	1.1	1.4	2.8	2.3	2.2	2.3	3.0	3.0				
3	###	###	###	###	3.9	3.5	2.9	3.8	3.7	3.2	3.0	3.8	3.0	2.9	2.0	2.1	2.1	2.3	1.2	2.8	2.5	2.7	1.1	2.9	2.8	2.5	2.4	2.5	2.5	3.2				
4	###	###	###	###	3.0	2.7	2.7	3.1	3.1	2.6	3.5	3.4	3.0	2.9	3.0	2.0	2.3	2.6	3.1	1.0	3.2	2.6	2.6	2.0	2.8	2.9	1.9	1.6	1.8	2.5	2.3			
5	###	###	###	###	4.2	3.2	2.9	2.9	3.0	2.5	2.1	2.2	2.6	2.8	2.6	2.2	2.3	2.8	2.6	2.9	3.2	3.4	2.3	2.0	1.6	2.8	3.0	2.0	1.6	1.8	2.6	2.3		
6	###	###	###	###	3.5	3.4	3.5	2.5	1.7	2.7	2.9	2.2	2.2	2.4	2.0	2.1	2.2	2.9	2.7	2.5	2.4	3.4	3.4	2.3	1.9	2.9	3.1	3.2	3.2	2.0	2.7	2.6	2.5	
7	###	###	###	###	4.2	3.1	3.3	2.4	3.0	2.7	2.3	2.5	2.3	1.6	2.4	2.4	2.3	2.8	2.6	2.8	2.6	3.4	3.1	2.7	2.6	3.2	3.3	3.3	3.3	2.3	2.4	2.3	2.4	
8	###	###	###	###	3.4	3.1	3.1	2.8	2.5	2.7	2.1	2.4	3.0	3.0	2.1	2.0	2.1	2.0	2.4	2.7	2.8	3.4	3.5	3.2	2.3	2.4	2.7	2.8	2.8	2.1	2.6	2.3	2.3	2.3
9	###	###	###	###	2.8	2.6	2.4	2.3	2.4	2.7	2.6	2.3	3.0	2.9	3.3	2.9	2.0	2.3	2.3	2.7	3.1	3.5	3.3	2.8	2.2	2.2	2.9	2.9	2.4	1.7	1.7	2.3	2.2	2.2
10	###	###	###	###	2.9	2.4	2.4	2.4	2.1	2.2	2.7	2.2	2.4	2.8	3.1	2.7	2.4	2.5	2.4	2.8	2.7	3.5	3.7	2.7	2.1	2.1	2.8	3.0	2.6	1.9	2.1	2.2	2.4	2.7
11	###	###	###	###	2.8	2.4	2.0	2.8	2.5	2.4	2.0	2.1	1.9	2.3	2.7	2.5	2.4	2.4	3.0	2.7	3.3	3.6	3.7	3.1	2.0	2.1	3.1	3.2	2.1	2.2	2.2	2.1	2.7	2.7
12	###	###	###	###	3.0	2.3	2.0	3.0	3.0	2.4	2.0	2.4	2.1	2.5	2.7	2.8	2.5	2.7	2.9	2.8	2.9	3.0	3.5	2.9	2.2	2.5	3.0	2.6	2.2	2.1	2.2	2.5	2.4	2.5
13	###	###	###	###	3.0	2.6	2.1	2.7	2.7	2.0	2.3	2.5	2.0	2.8	2.9	2.8	2.8	2.6	2.8	3.0	2.7	2.9	2.9	2.8	2.6	2.8	3.4	2.6	1.9	2.0	2.0	2.5	2.3	2.3
14	###	###	###	###	1.8	2.7	2.4	2.3	2.4	2.5	2.4	1.7	2.0	3.2	2.8	2.8	2.2	2.4	2.8	3.3	3.4	2.3	2.7	2.9	2.8	3.1	3.2	2.7	2.0	2.1	2.5	2.4	2.4	2.5
15	###	###	###	###	2.4	2.2	2.2	2.3	2.6	2.6	2.1	2.8	3.0	2.9	2.3	2.3	2.6	2.6	2.8	2.9	2.5	2.6	3.0	2.2	2.2	3.0	2.3	2.3	2.2	2.6	2.7	2.5	2.7	2.7
16	###	###	###	###	2.8	2.1	2.5	2.2	2.3	2.4	2.3	2.6	2.8	2.7	1.8	2.1	2.3	2.6	2.7	2.7	2.5	2.5	2.8	2.6	2.3	2.3	1.9	2.3	2.3	2.7	2.7	2.7	2.9	2.8
17	###	###	###	###	2.6	3.0	1.9	2.2	2.2	2.2	2.4	2.3	2.6	2.5	1.9	2.0	2.4	2.5	2.6	2.8	2.5	2.2	2.4	2.9	2.6	2.2	2.5	2.2	2.2	2.8	2.8	2.7	2.8	2.6
18	###	###	###	###	2.9	2.5	2.0	2.0	2.4	2.3	2.2	2.2	1.8	1.8	2.0	2.2	2.3	2.7	2.8	2.6	2.6	2.5	2.7	3.0	2.6	2.5	2.6	2.4	2.4	2.8	2.8	2.8	2.7	2.4
19	###	###	###	###	2.3	2.4	1.8	1.8	2.0	2.1	2.0	2.2	1.9	2.0	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.7	2.6	2.0	2.0	1.8	2.6	2.5	2.7	2.5	2.5	2.8	2.6	2.6	2.4	2.5
20	###	###	###	###	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2	2.1	2.1	1.9	2.0	2.3	2.2	2.5	2.7	2.3	2.4	2.5	2.2	1.9	1.8	3.0	2.7	2.6	2.6	2.6	2.2	2.5	2.4	2.5	2.6	2.3
21	###	###	###	###	1.5	2.3	2.1	2.2	2.6	2.1	1.7	1.5	1.8	2.1	1.6	1.6	2.3	2.2	2.5	2.5	2.2	1.7	2.4	3.0	2.9	2.7	2.4	2.0	2.1	2.4	2.5	2.6	2.6	3.3
22	###	###	###	###	2.1	2.3	2.3	1.2	2.9	2.5	2.3	1.6	2.0	1.9	2.2	1.8	2.5	2.4	2.5	2.4	2.0	1.9	2.0	2.6	2.9	2.8	2.5	2.1	2.4	2.7	2.7	2.7	3.4	3.4
23	###	###	###	###	1.8	2.3	3.3	3.3	2.3	2.7	2.6	2.0	1.9	2.3	2.1	2.1	2.7	2.5	1.9	1.7	1.6	1.4	1.7	0.8	1.4	1.6	2.6	2.3	2.6	2.7	2.7	2.5	2.7	3.1
24	###	###	###	###	1.4	2.3	1.3	2.3	2.3	2.2	2.7	3.1	2.4	2.1	1.6	1.9	2.7	2.5	2.0	1.9	1.9	1.8	1.3	0.9	1.4	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.7	2.6	2.5	2.7
25	###	###	###	###	1.4	2.4	2.6	2.7	2.5	2.3	3.1	3.1	3.0	1.9	2.2	2.5	2.2	1.8	1.7	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	2.2	2.4	2.4	2.5	2.3	2.2	2.1	2.4	3.3	2.4
26	###	###	###	###	1.9	2.3	2.3	2.4	1.5	1.9	3.0	3.3	2.0	2.6	2.2	2.2	2.3	2.1	2.0	1.7	1.6	0.1	0.0	1.3	2.0	2.4	2.6	2.9	2.3	2.2	2.1	2.0	2.7	2.3
27	###	###	###	###	1.3	2.4	2.5	2.1	1.9	1.8	2.8	3.0	2.5	3.0	2.1	2.4	2.2	2.2	1.8	1.9	1.8	1.5	1.3	1.0	1.5	2.5	2.9	3.3	2.6	2.5	2.3	2.2	1.8	2.3
28	###	###	###	###	1.9	2.2	2.4	2.3	1.8	2.9	2.9	2.7	3.0	2.7	2.4	2.5	2.4	2.1	1.9	1.7	1.6	1.7	1.3	0.9	1.4	2.0	2.8	3.1	2.9	2.8	2.6	2.2	1.7	2.2
29	###	###	###	###	1.6	2.7	2.4	2.1	2.4	2.5	2.3	2.2	2.6	2.7	2.7	2.4	2.3	2.1	1.7	1.7	1.7	1.8	1.6	2.1	1.5	2.1	1.9	2.9	2.9	2.7	2.5	2.2	1.7	1.9
30	###	###	###	###	1.8	2.6	2.6	2.2	2.3	2.0	2.2	1.9	2.2	2.7	2.3	2.5	2.0	2.1	1.4	1.4	1.4	1.5	1.9	2.2	2.5	2.1	2.0	2.7	2.8	2.8	2.8	2.3	1.5	1.9

図5 南寄りの風向時のメッシュ風速分布(7月)

(たとえば風速や降水量)などは、地形因子の取り方をより研究し改良しなければ、実際と異なった分布を示すと考えられる。

実測風速とメッシュ風速の比較から、次のようなことが結論できる。

- ① メッシュ風速と実測風速の相関は良くない。
- ② メッシュ風速には実測で得られた強風域は現れない。
- ③ この強風域を除くと、実測風速とメッシュ風速は相関がやや良くなる。
- ④ しかし、強風時(5.1 m/s以上)には実測風速とは相関が良くない。

C. 衛星法による風速分布の推定

a. ノアデータによる地表面温度と実測風速との比較

ノアデータ取得日に風速を観測していた日は7日間あった。これらの日の測点について、衛星から計

算した地表面温度を抽出し、実測風速値と比較した。また、それ以外のノアデータ取得日は実測風速データがない。そこでアメダスの風向・風速を調べ、1996年~1998年にデータが得られた66日の観測日から似たような風向・風速の日を選び、この似たような日の風速データを各測点ごとに平均して使用した(以下、推定実測風速)。

すなわち、似たような風向・風速の日を選ぶため、まず66日の全観測日毎の石狩、新篠津、月形のアメダス平均風速と全測点の平均実測風速の関係求め、この回帰式を利用して、アメダス平均風速から実測風速データのない衛星データ取得日の日平均風速を推定した(以下、推定日平均風速)。次に、この推定日平均風速と同じ日平均風速(全測点の平均)を示すような風向・風速の観測日を選んだ。この観測日の各測点の風速を平均して、推定実測風速とした。

66日の全観測日ごとの石狩、新篠津、月形のアメ

ガス平均風速と全測点の平均実測風速の関係を図7に示す。全測点の平均実測風速のほうがアメダス観測点の平均風速より大きい値を示していることがわかる。表7に推定実測風速の計算に使用した観測日、

この観測日の全測点の日平均風速、および推定日平均風速の一覧を示す。推定実測風速の計算に使用した観測日の全測点の日平均風速と、推定日平均風速はほぼ同じである。

実測風速および推定実測風速を使用してノアデータから計算した地表面温度との相関関係を調べた。その結果を表8に示す。さらに相関が良かった1998年5月28日の地表面温度と実測風速の関係を図8に示す。表によると有意性を示したのは2日間のデータのみで、全体的には相関関係は良くない。一般的に風速が強くなれば地表面温度は低下するはずである。したがって、地表面温度と風速の関係は負の相関を示すと考えられる。表によると全21日データのうち、14日データは負の相関を示しているが、正の相関を示す日が7日間もある。この原因については、①衛星データからの地表面温度は1.1 km×1.1 kmの平均地表面温度であるが、風速の値は点の風速データである。また、②衛星データは瞬時のデータであるが、風速データは日中の平均風速であるなどが考えられる。しかし、全データ(281点)について地表面温度と実測風速・推定実測風速の関係をみると、図9に示す様に負の相関を示し、相関係数も-0.42と1.0%の水準で有意性を示した。以上の結果から、地表面温度から風速分布をある程度推定することは可能であると考えられる。

b. ランドサットデータによる30 mメッシュの地表面温度分布と風速分布の推定

ノアデータからの地表面温度によって、ある程度の風速分布の推定が可能であることが判明した。しかし、衛星データとグラントゥルースデータ(地

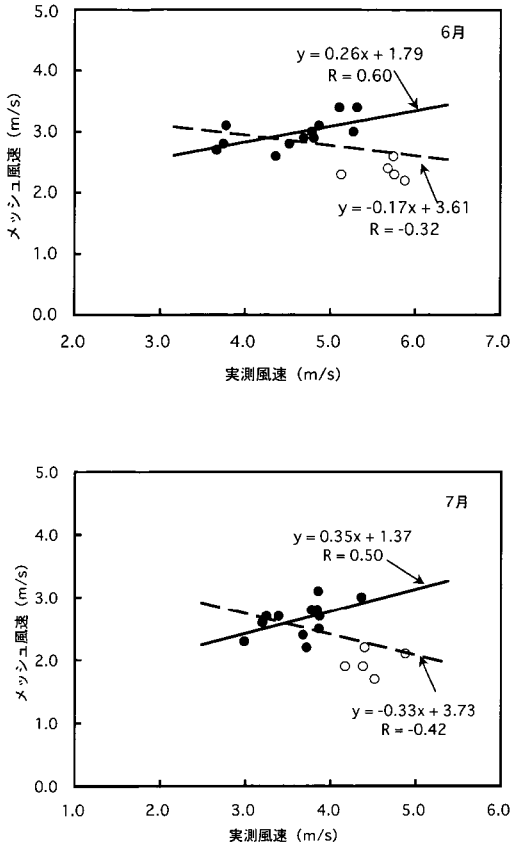


図6 6月と7月の実測風速とメッシュ風速の関係(実線は強風測点以外、点線は全測点データ)

表6 実測風速とメッシュ風速の相関係数と回帰係数(勾配)・定数項(切片)

月	実測風速の区分	全測点データ			強風測点以外のデータ			備考
		相関係数	回帰係数	定数項	相関係数	回帰係数	定数項	
6月	全平均	-0.32	-0.17	3.61	0.60*	0.26	1.79	
	3.0m/s以下	-0.46	-0.27	3.41	0.58*	0.78	1.33	
	3.1~5.0	-0.43	-0.29	4.05	0.18	0.09	2.58	
	5.1以上	-0.48*	-0.29	4.25	0.29	0.15	2.24	
7月	全平均	-0.42	-0.33	3.73	0.50	0.35	1.37	
	3.0m/s以下	0.09	0.15	2.09	0.53	0.58	1.30	
	3.1~5.0	-0.41	-0.28	3.60	0.48	0.30	1.52	
	5.1以上	-0.59*	-0.24	3.81	0.07	0.03	2.50	
6・7月	全平均	-0.38	-0.23	3.73	0.63*	0.31	1.60	

注：強風測点は1, 2, 3, 7, 8の5測点。*印は5%有意水準で有意。

上検証データ)の面積的や時間的な不一致のため明らかでない部分もある。そのため過去のランドサットデータから地表面温度分布を調べ、現地の地形・地物の状態を参考にして、風速分布との定性的関係を調べてみた。

詳細な地区の地表面温度を調べるため、30 m メッシュの地表面温度を調べた。南寄りの風向で比較的強風のとき(新篠津で7 m/s)の1991年6月1日の地表面温度分布を図10に、風速が中庸(新篠津で4 m/s)であった1993年7月8日の地表面温度分布を図11に、さらに北寄りの風向(新篠津で2 m/s)である1987年6月22日の地表面温度分布を図12に示す。

図10「南寄りの強風時」の30 m メッシュ地表面温度分布では、ランドサットデータによると弱風地帯である上新篠津、沼ノ端以北(図1のピクセル

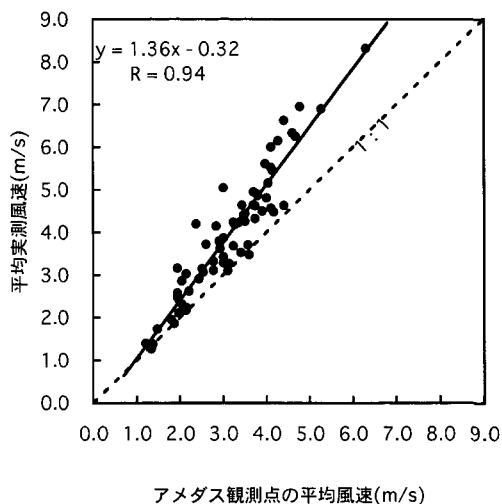


図7 アメダス観測点(石狩, 新篠津, 月形)の平均風速と全測点の平均実測風速の関係

表7 ノアデータからの地表面温度との比較に使用した実測風速の観測日

年	ノアデータ取得日	アメダスから計算した推定日平均風速(m/s)	推定実測風速の計算に使用した観測日とその日平均風速			
			1996年(月/日)	1997年(月/日)	1998年(月/日)	日平均風速(m/s)
1996	5月8日	3.8	7/4	6/20		3.4
	5月28日	2.8	7/5, 6/14			2.8
	6月6日	4.2	7/4	6/12, 6/19		4.1
	6月14日	(2.6)	6/14			
	8月27日	3.6		6/26, 8/14, 9/16	5/15, 7/20	3.7
1997	5月9日	3.8	7/4	6/19		3.9
	5月19日	3.5	7/4, 7/19	8/14		3.5
	5月28日	(5.5)		5/28		
	6月15日	4.7	6/13	5/28, 6/11, 7/17, 9/10	5/21	4.7
	6月16日	6.6		6/18, 7/11	5/14	6.5
	7月3日	(4.6)		7/3		
	7月13日	2.5		8/4, 8/20, 8/21, 9/2		2.3
	7月14日	4.6	6/16	7/3, 7/23, 8/15, 9/1		4.6
	7月21日	3.2	6/9, 6/26			3.2
7月22日	(3.9)		7/22			
1998	8月28日	1.7		7/10, 9/3, 9/13, 9/19		1.6
	5月26日	3.5		6/27, 7/16	8/9	3.6
	5月27日	(6.3)			5/27	
	5月28日	(6.1)			5/28	
	6月23日	(5.2)			6/23	
6月24日	6.1		6/18, 7/11	5/27, 5/28	6.2	

注：()内は日平均実測風速

表 8 ノアデータから計算した地表面温度と実測風速および推定実測風速との回帰分析結果と、その実測観測時間（09：00～16：00）のアメダス観測点の平均風向・風速

観測年	NO	観測日 (月/日)	回 帰 式	相関係数	標準誤差	アメダス観測点の平均風速		
						石 狩	新篠津	月 形
1996	1	05/08	$Y=0.07X+1.34$	0.21	0.46	2.6m/s NW	3.4m/s SSE	3.1m/s SSE
	2	05/28	$Y=-0.02X+3.31$	-0.15	0.30	2.4 NW	2.6 SW	1.9 SE-SW
	3	06/06	$Y=-0.29X+12.83$	-0.48	0.47	3.5 N	3.5 SSE	3.0 SSE
	4	06/14	$Y=-0.12X+6.93$	-0.48	0.22	2.1 NW	2.6 N-S	1.9 SE
	5	08/27	$Y=0.20X-2.52$	0.46	0.55	2.5 ESE	3.5 SE	2.6 SSE
1997	6	05/09	$Y=-0.01X+4.33$	-0.01	0.58	2.7 N-SE	3.6 SE	2.6 ESE
	7	05/19	$Y=-0.10X+6.18$	-0.10	0.45	3.5 ESE	2.1 SSE	- -
	8	05/28	$Y=0.42X-4.96$	0.48	0.77	5.0 NW	5.4 NW	1.9 WNW
	9	06/15	$Y=-0.11X+7.73$	-0.40	0.46	4.3 NW	5.0 WNW	1.8 WNW
	10	06/16	$Y=-0.36X+16.53$	-0.38	0.80	4.0 SE	6.0 SSE	5.3 S
	11	07/03	$Y=0.29X-5.15$	0.34	0.83	3.0 ESE	5.5 SSE	3.8 S
	12	07/13	$Y=-0.29X+10.48$	-0.64*	0.39	2.5 NW	2.7 N	1.0 W
	13	07/14	$Y=-0.35X+16.95$	-0.52	0.65	2.8 SE-E-N	4.3 S	3.6 S
	14	07/21	$Y=-0.04X+4.47$	-0.15	0.40	3.0 ESE-NW	3.0 S	1.9 S-W
	15	07/22	$Y=-0.20X+10.61$	-0.47	0.69	3.1 ESE	3.3 S	2.6 S
1998	16	08/28	$Y=0.05X+0.09$	0.39	0.26	2.2 E-N	1.6 N-S-W	0.7 S-W
	17	05/26	$Y=-0.12X+6.95$	-0.41	0.28	2.5 N	3.5 S-N	2.5 WNW
	18	05/27	$Y=0.02X+5.84$	0.05	0.67	3.1 SE	6.5 SE	4.9 SE
	19	05/28	$Y=-0.47X+17.91$	-0.58*	1.21	3.5 SE	5.1 S	4.0 S
	20	06/23	$Y=-0.23X+12.11$	-0.30	0.64	3.2 SE	4.7 SE	4.2 S
	21	06/24	$Y=0.12X+2.55$	0.25	0.96	3.1 SE	6.0 SSE	4.9 SE

注：網掛けはノアデータ取得日の実測風速，その他は推定実測風速。アメダス観測点の平均風速は観測時間（約9：00～16：00）の平均風速，*は5%有意水準で有意。

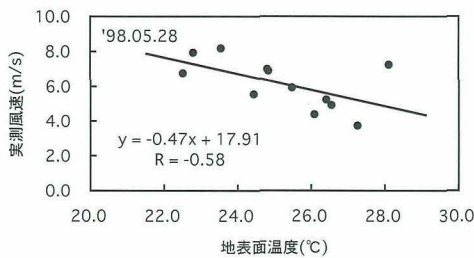


図8 1998年5月28日のノアデータからの地表面温度と実測風速の関係

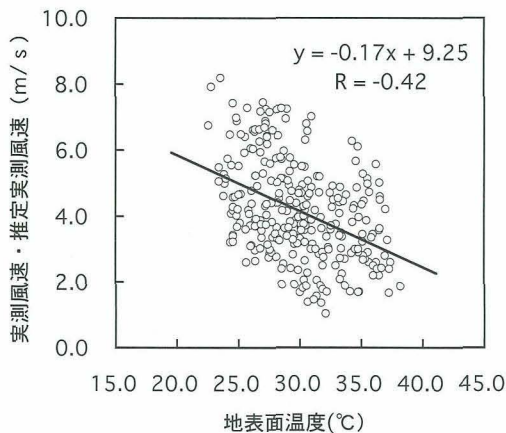


図9 解析に使用した全ノアデータの地表面温度とその時の実測風速・推定実測風速の関係

19～23, ライン1～11)は明らかに高い。なお, 当別川以西(ピクセル1～7, ライン16～19)も地表面温度が高く現れているが, 住宅などの地物の影響と思われる。逆に, 地表面温度の低い所は南部の石狩川沿いで, この場所から地区の中央部一帯(ピクセル10～20, ライン13～26)も低温で, ここは強風地帯である。

図11「南寄りの中庸風速時」の30 mメッシュ地表面温度分布の低温域は, 袋達布付近(ピクセル22, ライン16), 当別町と篠津運河の間(ピクセル13～17, ライン14～18)および本中小屋付近(ピクセル19～20, ライン6～7)に多く現れている。この地域の低温は図10や図12でも常に低温の場所である。図12「北寄りの風向時」の低温は, 特に江別市の対岸から袋達布付近までの石狩川沿い(美原, 三原地区)(ピクセル14～22, ライン15～25)の石狩川沿い)である。これらは風速の測点であるWs1やWs3が属する地域で, 実測では強風域に入っていた。以上のように, ランドサットによる地表面温度

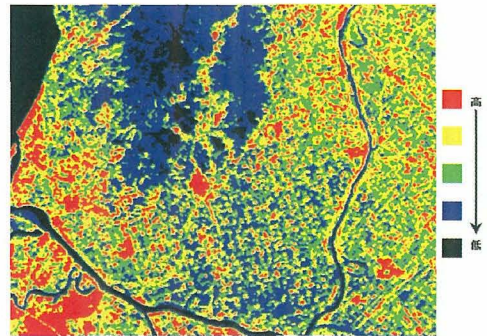


図10 1991年6月1日のランドサットデータから計算した地表面温度の分布(南寄り強風時)

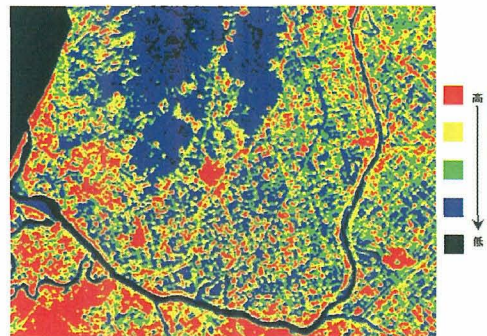


図11 1993年7月8日のランドサットデータから計算した地表面温度の分布(南寄り中庸風速時)

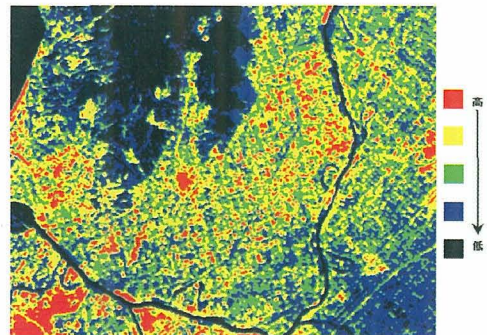


図12 1987年6月22日のランドサットデータから計算した地表面温度の分布(北寄り風向時)

の低温域は強風地帯と比較的合致しており, 衛星データの地表面温度によって風速分布の推定は可能であると考えられる。この場合, 地表面温度は風速のみに影響されるのでは無く, 種々の影響要因がある。この要因の影響を除く必要があり, このことは今後の課題である。

この解析から次のようなことが明らかになった。

- ① 観測で強風を示した測点は低温域である。

- ② また、全体的にランドサットによる地表面温度の低温域は強風地帯と比較的合致している。

IV. ま と め

北海道石狩平野南部の強風地帯で風速の実測を行い、国土数値情報からの地形因子を用いた風速分布と比較してその精度を検証した。また、衛星熱赤外データ（ノアとランドサット）から地表面温度を求め、この地表面温度から風速分布を推定する可能性について検討した。

南寄りの実測風速データを用いて解析地区内の風速分布を調べた結果、勇払平野を北上してきた風が、測点 Ws 1, Ws 2 付近で石狩平野北部方面と石狩湾方面に分流していた。さらに、石狩平野北部方面の風は北上するにつれ減風しているが、石狩湾方面の風は発散して強風になっていた。この実測風速と地形因子を用いたメッシュ風速と比較した。その結果、①メッシュ風速と実測風速の相関は良くない、②メッシュ風速には実測で得られた強風域は現れない、③強風域を除くと、実測の風速とメッシュ風速は相関がやや良くなる、④しかし、強風時の風速分布とは相関が良くない、などが判明した。

さらに、ノアの赤外データから計算した地表面温度と実測風速または推定実測風速と比較した。その結果、有意性を示したのは全 21 日データのうち 2 日間のデータのみで、全体的には相関関係は良くない。地表面温度と風速の関係は負の相関を示すと考えられるが、全 21 日のデータのうち、14 日のデータは負の相関を示しているものの、正の相関を示す日が 7 日間もあった。しかし、21 日間の全データ (281 点) について地表面温度と実測風速・推定実測風速の関係をみると、負の相関を示し、相関係数も -0.42 と 1.0% の水準で有意性を示した。また、過去のランドサットの熱赤外データから計算した地表面温度分布を調べ、風速分布との定性的関係を調べた。その結果、①観測で強風を示した測点は低温域である、②また、全体的にランドサットによる地表面温度の低温域は強風地帯と比較的合致している、などが明らかになった。以上の結果から、衛星熱赤外データから計算した地表面温度を使用して風速分布をある程度推定することは可能であると考えられた。

謝 辞

この研究は北大農学部農業物理学講座時代に、堀

口教授(現名誉教授)の指導のもとで行った研究データをまとめたものである。指導を受けた堀口教授と測定を手伝っていただいた当時の 4 年目学生と院生に紙面を借りて感謝の意を表します。また、風速の測定器を提供していただいた農林水産省北海道農業試験場の山田一茂科長にお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 小峯裕己, 村上周三, 柴田裕司, 松野信雄: メッシュデータを用いた地形因子解析法による任意地点の平均風速の推定方法に関する研究, 天気, **27**, 849-861, 1980.
- 2) 堀口郁夫, 町村 尚, 谷 宏, 松村伸二, 松岡延浩: 地球環境研究のための衛星赤外データ解析のシステム化に関する研究, 平成 6 年度~平成 8 年度科学研究費補助金研究成果報告書, 3-40, 1995.
- 3) McMillin, L. M. and Crosby, D. S.: Theory and validation of the multiple window sea surface temperature technique, J. Geophys. Res. **89**, 3655-3661, 1984.
- 4) Latherop, R. G. JR., and Lillesand T. M.: Calibration of thematic mapper thermal data for water surface temperature mapping; Case study on the Great Lake, Remot. Sens. Environ., 22 satellite data. J. Climate Appl. Meteorol., **22**, 364-368, 1987.
- 5) 中山裕則, 向井幸男, 山本静夫: TM 熱バンドデータと地表面温度との関係, 日本リモートセンシング学会第 5 回学術講演論文集, 95-98, 1985.
- 6) 堀口郁夫, 松村伸二, 谷 宏: 海洋性冷気流の農業地帯への影響—勇払・石狩平野の風向と気象の特徴—, 農業気象, **38**(3), 287-293, 1982.

(2000. 11. 27 受付, 2001. 4. 2 受理)

Summary

Wind speed was measured at observation sites in strong wind zones of Yufutsu Plain in Hokkaido from 1995 to 1998, and compared with wind speed calculated using geographical factors from GIS data (named mesh wind speed). Also, distribution of wind speed was estimated using surface temperatures derived from satellite IR data.

According to the results of measured wind direction, winds blowing from south to north over Yufutsu Plain were separated into northern Plain and Ishikari Bay areas at the observation sites of Ws 1 and Ws 2. Wind speed blowing over the northern Plain decreased as the wind moved from northerly, while wind speed over the Ishikari Bay area become strong.

Comparisons between measured wind speed and mesh wind speed using geographical factors were performed and results obtained are as follows: ① The correlation between measured wind speed and mesh wind speed is inadequate. ② Areas of strong measured wind speed do not appear in those of mesh wind speed. ③ Except for wind speed in strong wind areas, the correla-

tion between measured wind speed and mesh wind speed becomes better. ④ However, correlation is still poor when wind speed is over 5.1 m/s.

Also, comparisons between measured wind speed and surface temperature derived from NOAA-satellite data were performed. Only data for two days among 21 data sets were significant at the 5% level, and the correlation coefficients of 14 data sets were negative. The correlation coefficient among total data (281), however, was -0.42 and significant at the 1 % level.

Distribution of surface temperatures was derived from past (1987-1993) Landsat data for making qualitative comparisons with measured wind speed distribution. The results are as follows: ① strong measured wind sites belong to low temperature areas by Landsat, ② in general, low temperature areas by Landsat relatively correspond with strong wind areas.

It is recognized that there is a possibility of estimating the distribution of wind speed using surface temperatures derived from satellite IR data.