

関東地方における突風率の推定法

Estimation methods of the gust factor in the Kanto region, Japan

村上裕季* 安達隆史†
MURAKAMI Yuki ADACHI Takashi

要約: 気象庁では、10分間内の風速変動を細かく観測して、0.25秒毎の「瞬間風速」の10分間内での最大値を「最大瞬間風速」と呼ぶ。また、その「瞬間風速」の平均値を「10分間平均風速」と呼ぶ。これらの、「最大瞬間風速」を「10分間平均風速」で除した値を「突風率」（またはガストファクター）と呼ぶ。従来、この「突風率」は1.8程度といわれているが、気象条件や地形によって変わることが指摘されている。この「瞬間風速」が大きい場合は突風災害が起きることがあるので、「突風率」を推定して、突風予測に結びつけることができれば理科教育と防災に役立てることが出来る。同様な目的をもった林ら（2008）の近畿地方の研究に引き続き、関東地方を対象領域として、1年間の気象データを収集・解析し、「突風率」を推定する次の実験式を得た。

$$Y = -0.00188x + 2.29 \quad (5 \leq x \leq 21)$$

ただし、 Y は「突風率」、 x は m/s 単位の「10分間平均風速」である。

キーワード: 突風、突風率、ガストファクター、最大瞬間風速、強風災害

I はじめに

この研究は、筆頭著者の村上（2007）が、環境科学コース（地学分野）の平成18年度卒業研究として行った「関東地方における突風率の研究」の成果を教育実践総合センター研究紀要の論文として取りまとめたものである。内容は、公開され、蓄積されている気象情報を有効活用する理科教育の教材という意味もあるので、解析作業の再現が可能であるように、データ処理手順を詳しく述べ、解析図も多く掲載した。なお、手法が同様な研究であるが、対象領域を近畿地方とした林ら（2008）の研究の姉妹編であり、理論の補足や近畿地方と関東地方との解析結果の比較にも触れている。

林ら（2008）が宮崎県と山形県での突風災害の新聞記事を引用しているように、近年、列車脱線事故など、突風による被害が多数起きている。関東地方では、横浜地方気象台 HP によると、平成16年10月9日、台風22号によって横浜市で被害があった。この日の最大風速が19.8 m/s、最大瞬間風速が約2倍の39.9 m/sであった。気象庁で言う瞬間風速の瞬間とは、0.25秒という短時間のことである。このような細かい観測からわかることであるが、強風には、数秒から数十秒という非常に短い時間だけ吹く突風があり、10分間平均風速だけでは災害に対処しがたい場合がある。

そこで、当論文では、気象庁の風データを用いて、首都圏として防災面で重要視される関東地方の突風率の研究を行った。なお、突風率の定義は後述する。

現在、10分間平均風速は観測しているが、突風の風速を表す最大瞬間風速の観測を行っていない観測点が日本全国に多くある。気象庁所管以外の気象観測点はほとんどそうであるし、気象庁所管でも旧測候所以外のアメダスは同様である。そこで、10分間平均風速と最大瞬間風速の両方が観測されている気象台・測候所（以降、特別地域気象観測所を含む。）の風データを利用し、地点別・季節

*ソフトサイエンス課程環境科学コース学生、現在、栃木銀行西那須野支店、 †理科教育講座

別・地形区分別に、10分間平均風速から突風率を推定する実験式を求め、それを利用して、最大瞬間風速を推定する方式を開発することを目的とした。これらを開発することで、気象庁の天気予報と結びつけること等によって台風や竜巻などの強風災害の低減や、突風による列車脱線事故を防ぐのに役立つと考えられる。突風率推定式の防災への応用方法は、林ら（2008）と同様である。

表 1.1 日最大瞬間風速と日最大風速の起時がずれた観測例（2005年4月2日、東京）

	起時	風速 (m/s)
日最大瞬間風速	9時50分	13.7
日最大風速	1時50分	5.6

突風率の研究は以前からなされているが、近藤（2000）は気象庁データを利用する時に、簡便のためか、突風率を「日最大瞬間風速÷日最大風速」として求めている。この日最大瞬間風速は、最大瞬間風速の1日の中の最大値である。最大瞬間風速は、0.25秒毎の「瞬間風速」の10分間内での最大値である。気象庁は、最大瞬間風速について、1日1個の日最大値しか発表していない。日最大風速は、10分間平均風速の1日の中の最大値である。

本来の突風率では、任意の時刻・時間帯において、最大瞬間風速と10分間平均風速が同時時間帯のものであるべきものである。しかし、表 1.1 を見ての通り、気象庁データの日最大風速が観測される時間（10分間）帯の中に、日最大瞬間風速が観測された時刻が含まれているとは限らない。

その理由を塩谷（1992）は次のように台風通過時の地形影響の違いで説明している。「気象観測点では地形影響のため、風向により風が吹送する地表の状態が異なる。台風の通過につれて、観測地点の風向が次第に変化するから、もし最強の風のときに観測地点が地形の影響下の部分になると、平均風速は降下するため、最大風速はその前の時刻に生ずるが、瞬間風速は地形の影響を受けることが少ないので、ほとんど減少することなく、そのときに最大瞬間風速を記録する。」

そのため、近藤（2000）のような方法では、普通の意味の突風率だとは必ずしも言えない可能性がある。その誤差は案外小さいかも知れないが、十分なデータ量で誤差評価をやってみないとわからない。それよりも、当研究では、気象庁発表の日最大風速ではなく、日最大瞬間風速を観測した時刻を含む10分間の平均風速を探し出して使用することで、より正確な突風率を算出することとした。この時刻合わせの作業の量は膨大である。緻密で根気が必要な作業であるので、当研究の独自性のひとつでもある。

また、当研究では台風の有無や他の気象条件を限定せずに、安全側に最大瞬間風速を推定することを目的とした。ただし、気象庁が発表する瞬間風速は、1日1個の日最大値だけなので、収集データの性質上、やや強風側に片寄った解析となる。

II 研究方法

1 研究対象地点

林ら（2008）が対象とした近畿地方に引き続いて、首都圏として防災面で重要な関東地方（東京都・神奈川県・千葉県・埼玉県・群馬県・栃木県・茨城県；気象庁の地方区分）を研究対象とした。

風の観測点は、関東地方の气象台・測候所（以降、特別地域気象観測所を含むものとする。）17カ所（水戸・館野・宇都宮・日光・前橋・熊谷・秩父・東京・銚子・千葉・館山・勝浦・横浜・八丈島・

大島・三宅島・父島)である。これらを平地、山地、海岸、島などに分類した。各气象台・測候所の高さと今回の地形区分は表 2.1 の通りである。近畿地方とは違って、山地と島が含まれている特長がある。後述するが、気象庁では、風速計の極近くに地物は存在しないように観測されているので、地形区分は広域的なものである。

2 使用測器と観測環境

気象庁管轄の気象観測点での風向風速計は検定を受けており、観測環境は、林ら(2008)に述べたように、気象庁の観測指針に従っているので、地物による風の乱れが出来るだけ観測に影響がないように配慮されている。

表 2.1 観測所の詳細 (*海岸区分は、観測点が海岸から 5km 以内の場合とした。)

観測所名	県名	地面の海面上の高さ (m)	風速計の地面からの高さ (m)	地形区分
水戸	茨城	29	14.0	中小都市の平地
館野 (アメダス地点名は「つくば」)	茨城	25	20.4	中小都市の平地
宇都宮	栃木	119	49.2	中小都市の平地
日光 (アメダス地点名は「奥日光」)	栃木	1292	11.1	山地
前橋	群馬	112	17.3	中小都市の平地
熊谷	埼玉	30	16.8	中小都市の平地
秩父	埼玉	232	17	山地
東京	東京	6	74.5	大都市の平地
銚子	千葉	20	28.2	海岸*
千葉	千葉	4	47.9	海岸*
勝浦	千葉	12	12.3	海岸*
館山	千葉	6	14.7	海岸*
横浜	神奈川	39	19.5	海岸*
三宅島	東京	36	12.9	島
八丈島	東京	74	18.1	島
父島	東京	3	15.8	島
大島	東京	74	27.1	島

3 使用データと解析方法

入手できた最新のデータとして、気象庁の「気象庁月報」(CD-ROM)に収録されている 2005 年春～2006 年冬までの地上気象観測とアメダスの風データを用いた。この CD-ROM には全国の気象データが収録されているので、その中からこの研究に必要な関東各地にある 17カ所の气象台・測候所の風データを抽出して使用した。

まず、それぞれの季節において月最大風速が大きい月を代表とするため、各地点の2005年3月～2006年2月において月最大風速を調べた(図2.1)。この結果、春を4月、夏を8月、秋を9月、冬を1月とし、この4ヶ月分のデータを使用した。

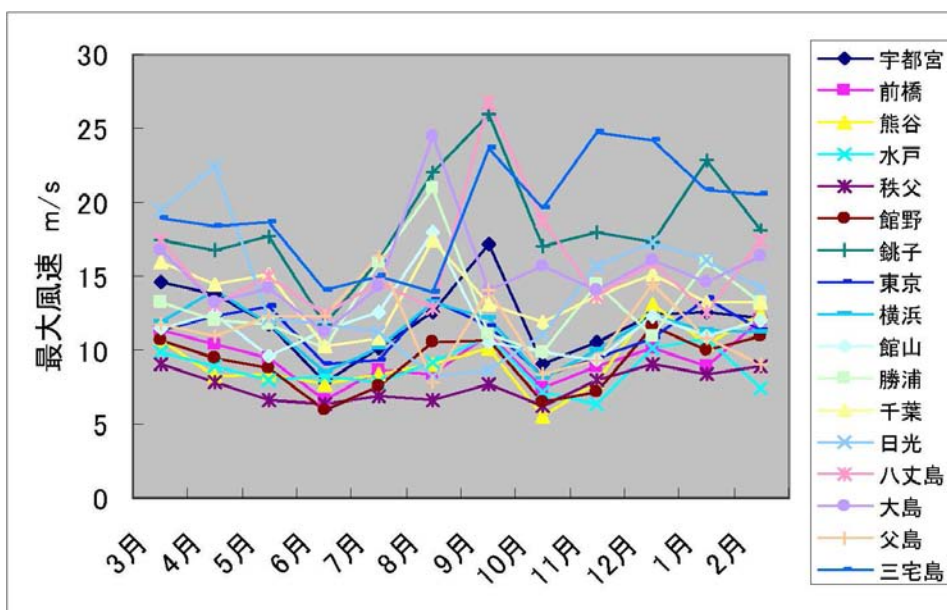


図 2.1 月ごとの最大風速

地上気象観測からはその日の最大瞬間風速・起時・風向、アメダスからは最大瞬間風速が観測された時刻を含む10分間の平均風速を抜き出し、1ヵ月ごとに表にまとめた(表2.2)。最大瞬間風速÷10分間平均風速で突風率を算出しさらに表に付け加え、その表の数値を使い、10分間平均風速と突風率の関係を表すグラフ(図2.2)を作成した。そのグラフを季節別・地形区分ごとに重ね、特徴を調べた。データの量は、17地点×2ヶ月×30日=1020個、17地点×2ヶ月×31日=1054個、合わせて1020+1054=2074個である。

さらに、このグラフのままでは重ねづらいので、それらのグラフの突風率頻度を数値で表現した表(表2.3)を作成した。突風率頻度とはある10分間平均風速のときに、ある突風率がどのくらい出るかを表したものである。こちらの表も季節別・地形区分ごとに重ね、さらに地形区分ごとに全季節を重ね、最終的に全季節・全地形区分を重ねた。重ねた表の、突風率が現れる最大値と最多値をグラフにしてそれぞれ直線をつなぎ、それらの線で表される関数を考えた(図2.3)。最大値とは、風速階級ごとに現れる突風率階級の中で一番大きい値のことである。また最多値とは、ある風速階級の中で、一番多く現れた突風率階級のことである。

線の引き方は、安全面を考えてすべての点が直線より下になるようにし、なおかつ出来るだけ点の近くを直線が通るようにした。また直線は平行か右下がりになるようにする。これには、次のような理論的背景がある。

地面の粗度が0.3mの平坦地、大気安定度が中立状態、スカラー風速の変動の標準偏差を摩擦速度で除した値が2.4程度、それから、スカラー風速変動の標準偏差の3倍程度を平均風速に加えた値(風速変動の正規分布仮定)を突風とすると、10m高度における突風率の理論値は1.8程度となる。

そのため、無理のない範囲で出来るだけその値(1.8)に近づけるようにするためである。なお、強風時の大気安定度は、ほぼ中立状態とみなせるので上記の処置は合理的である。

さらに、当研究の取りまとめ方針では、風速が 5 m/s 以上のものを対象とし、4 m/s 以下のものは考えないことにした。この理由は、風速が小さいときに突風率が大きくなっても、それほど強い風が吹かないので、災害の点ではあまり影響がないためである。さらに、風速が弱くなると突風率が非常に大きくなる理由が、理論的にまだよくわかっていないためである。風速が 2 m/s 未満の微風時で、風速が小さくなるほど風向変動幅が大きくなる傾向がみられるという安達（1985）の研究があつて、上記の現象と深い関係があると思われるが今後の研究課題とする。また、結果を一本の直線で表すのが難しい場合は、適応範囲を指定して二本の直線で表すことにする。解析結果の表現を指数関数、対数関数、あるいは、べき指数関数式という選択もありうるが、実用を考えて簡便にするため直線または折れ線とした。

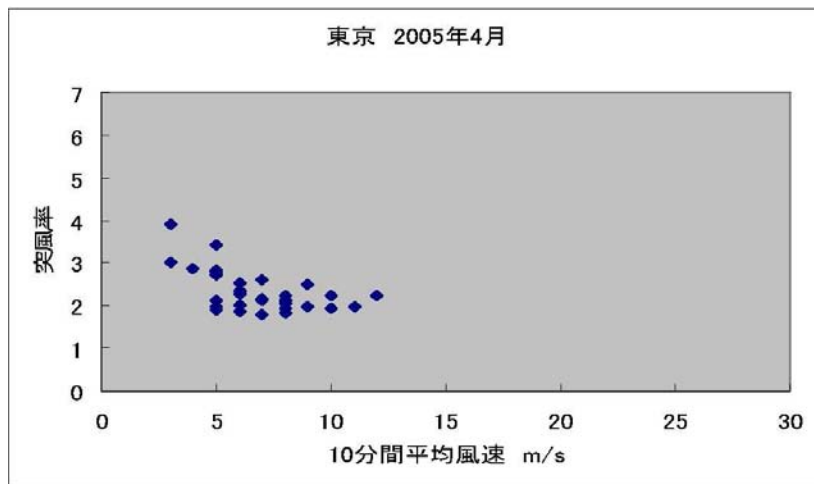


図 2.2 突風率と 10 分間平均風速の関係の例（東京、4 月）

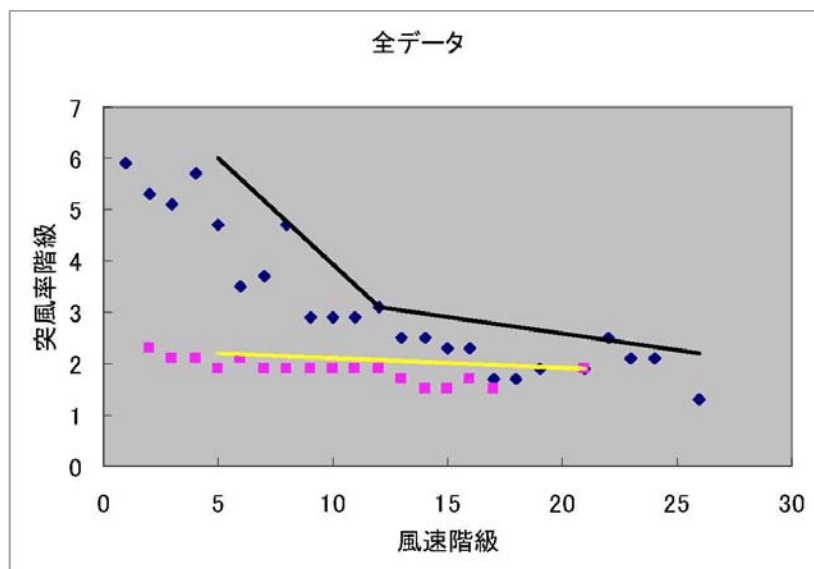


図 2.3 突風率頻度グラフの例
 (青：最大値、ピンク：最多値、黒折れ線：最大値直線、黄色直線：最多値直線)

表 2.2 データを一ヶ月ごとにまとめたものの例（東京、2005年4月）

日にち	時刻	風向 (16方位)	最大瞬間風速 (m/s)	10分間平均風速 (m/s)	突風率
1日	9時14分	NNW	13.7	6	2.3
2日	9時50分	NE	9.5	5	1.9
3日	22時04分	E	19.3	10	1.9
4日	15時38分	NNW	15.5	8	1.9
5日	14時23分	S	9.9	5	2.0
6日	19時46分	SW	12.6	7	1.8
7日	11時36分	SW	22.5	10	2.3
8日	3時06分	SW	21.7	11	2.0
9日	16時30分	S	13.9	5	2.8
10日	15時16分	SW	22.6	9	2.5
11日	11時42分	E	16.9	8	2.1
12日	7時50分	NNE	14.6	8	1.8
13日	23時53分	N	9.1	3	3.0
14日	17時13分	SSE	15.2	6	2.5
15日	16時07分	SW	14.8	7	2.1
16日	9時37分	ESE	15.2	7	2.2
17日	19時07分	NNW	13.6	5	2.7
18日	16時44分	SE	10.6	5	2.1
19日	18時14分	ESE	12	6	2.0
20日	17時33分	WSW	11.4	4	2.9
21日	16時41分	NNE	17.9	9	2.0
22日	11時53分	NW	17.8	8	2.2
23日	21時07分	NNE	11.2	6	1.9
24日	13時34分	SE	14	6	2.3
25日	18時58分	S	14.1	5	2.8
26日	14時46分	N	18.2	7	2.6
27日	13時59分	SSW	17.2	5	3.4
28日	15時42分	SW	26.7	12	2.2
29日	0時39分	SW	16.5	8	2.1
30日	16時09分	E	11.7	3	3.9

III 解析

1 風速と突風率の特徴

地点別に季節による違いを見ていく（図 3.1(1)~3.1(17)）と、東京、水戸、館野、前橋、宇都宮、熊谷、日光、八丈島、大島、父島、三宅島、銚子、千葉、勝浦、館山、横浜は季節による大きな違いは見られない。日光は、4月と1月は、8月と9月に比べて10分間平均風速が大きい。また8月と9月は、突風率に多少のばらつきがある。結局、季節による違いは、あまりないと言える。

表 2.3 突風率頻度表の例 (全データ)

{突風率階級の数字はそれぞれ、1.199 は 1.0~1.199、1.399 は 1.2~1.399、1.599 は 1.4~1.599、… という範囲を表している。そしてそれらの階級の代表を 1.199 は 1.1、1.399 は 1.3、1.599 は 1.5、… としてグラフに適用した。青：最大値 赤：最多値}

風速階級 m/s	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							
突風率階級*																																					
1.199	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
1.399	0	0	1	2	6	6	9	3	3	3	2	1	2	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0						
1.599	0	0	4	23	34	31	32	25	21	3	8	7	3	5	5	1	4	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1.799	0	1	17	56	63	47	47	20	22	13	12	10	10	3	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
1.999	0	2	42	77	87	52	61	33	26	23	13	10	7	3	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
2.199	0	9	47	80	72	58	32	20	14	15	6	5	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0						
2.399	0	10	36	50	53	44	25	19	10	9	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
2.599	0	2	34	29	29	26	18	11	9	5	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
2.799	0	4	19	20	22	19	8	5	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
2.999	0	5	13	11	12	4	9	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
3.199	0	6	12	8	8	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
3.399	0	4	1	6	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
3.599	0	3	2	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
3.799	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
3.999	0	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
4.199	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
4.399	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
4.599	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4.799	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4.999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5.199	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5.399	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5.599	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.799	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.999	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

関東地方における突風率の推定法

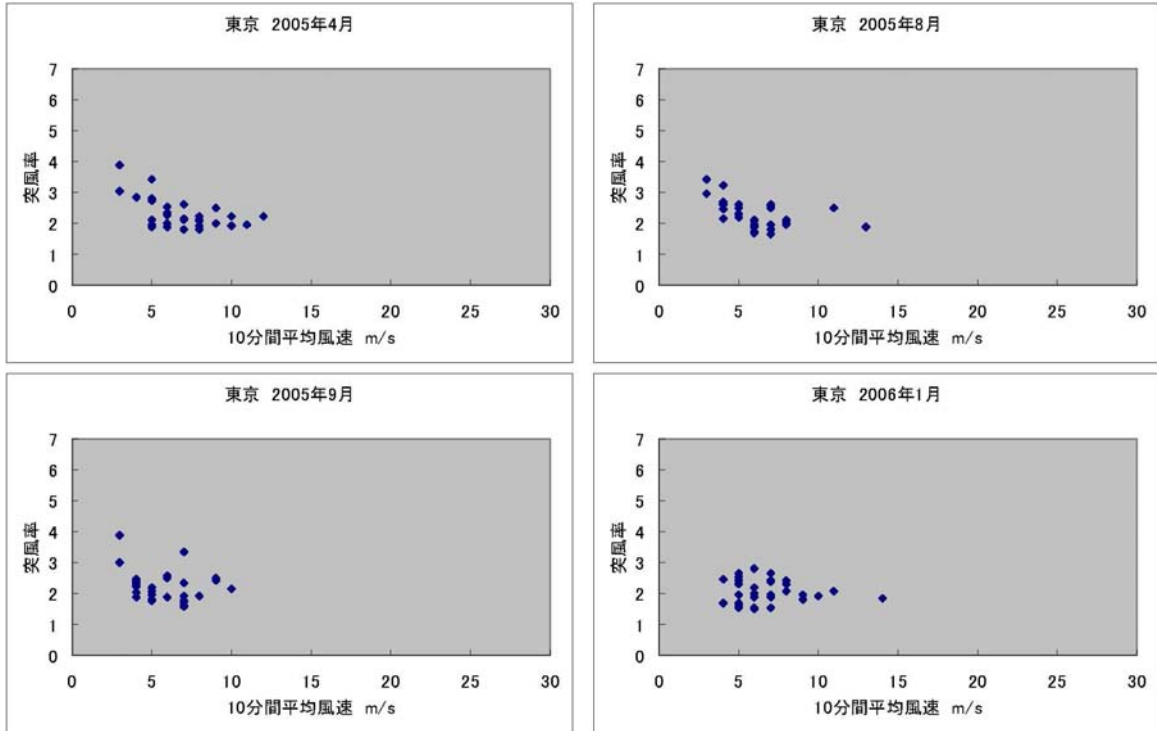


図 3.1(1) 10分間平均風速と突風率の関係 東京

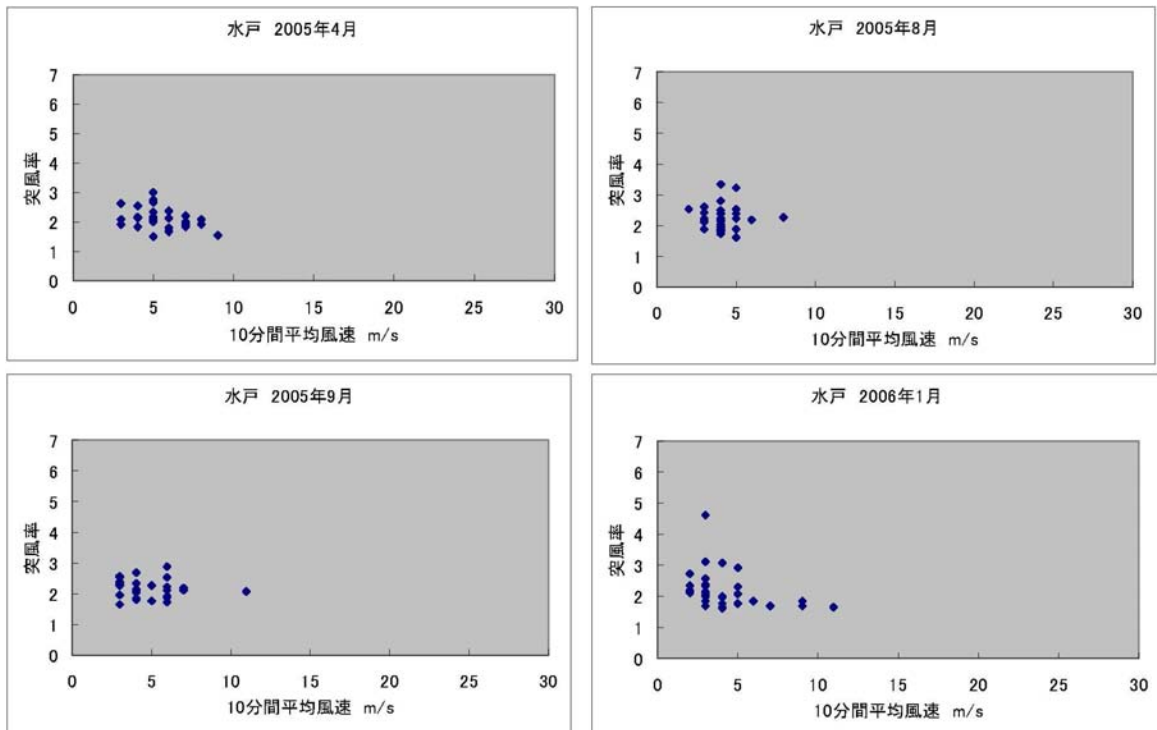


図 3.1(2) 10分間平均風速と突風率の関係 (水戸)

関東地方における突風率の推定法

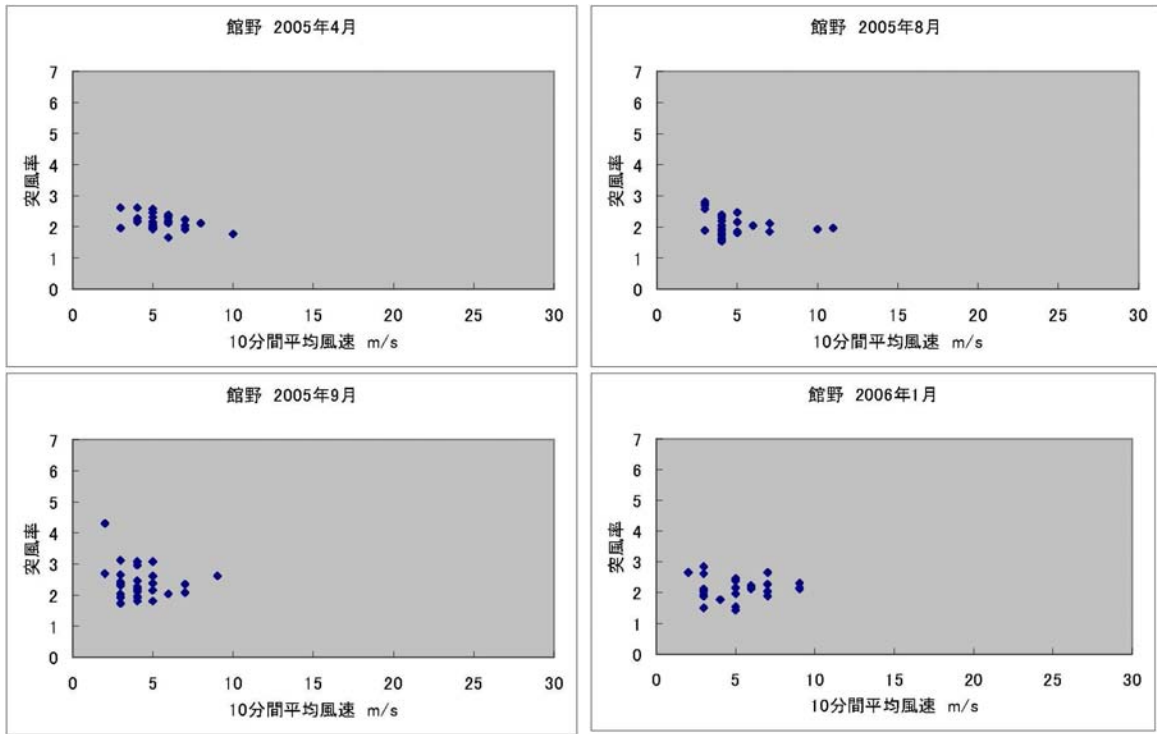


図 3.1(3) 10 分間平均風速と突風率の関係 (館野)

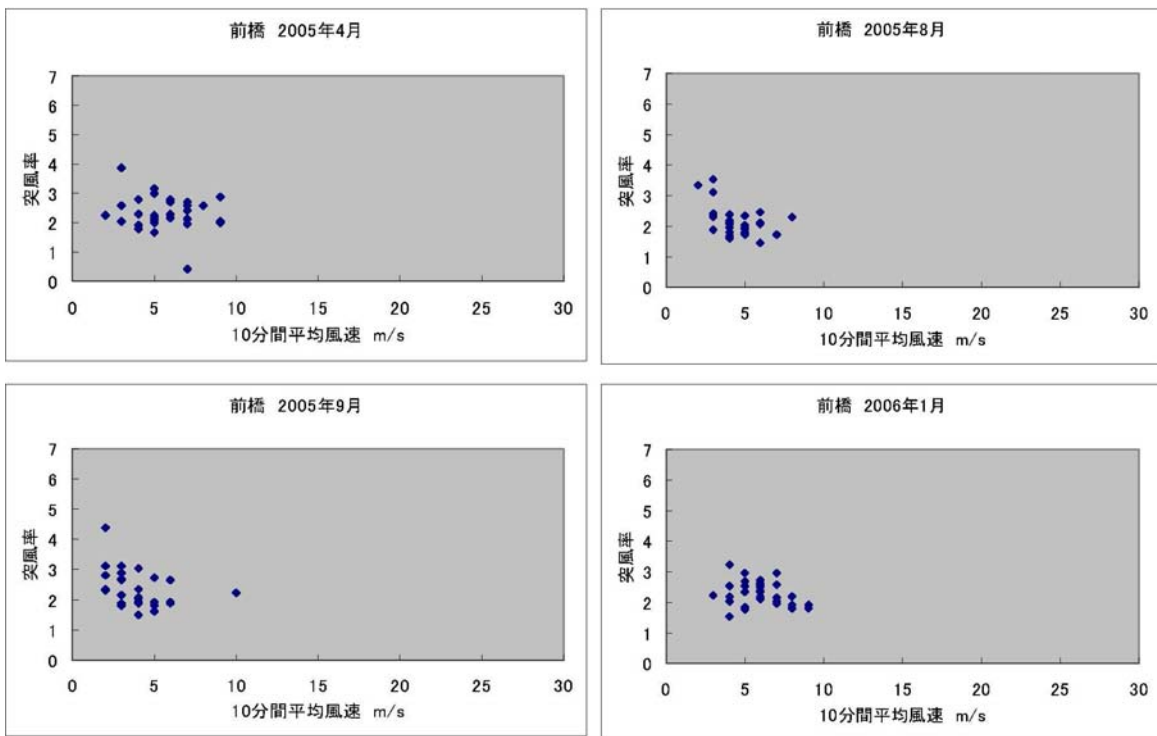


図 3.1(4) 10 分間平均風速と突風率の関係 (前橋)

関東地方における突風率の推定法

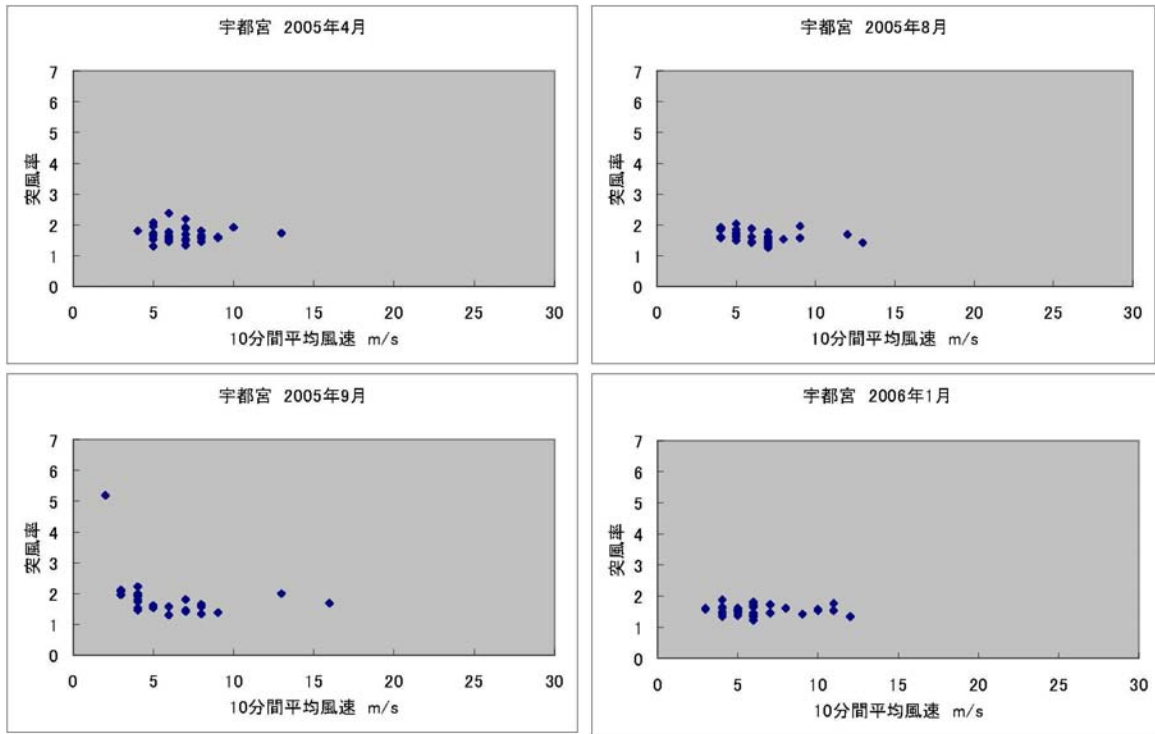


図 3.1(5) 10分間平均風速と突風率の関係（宇都宮）

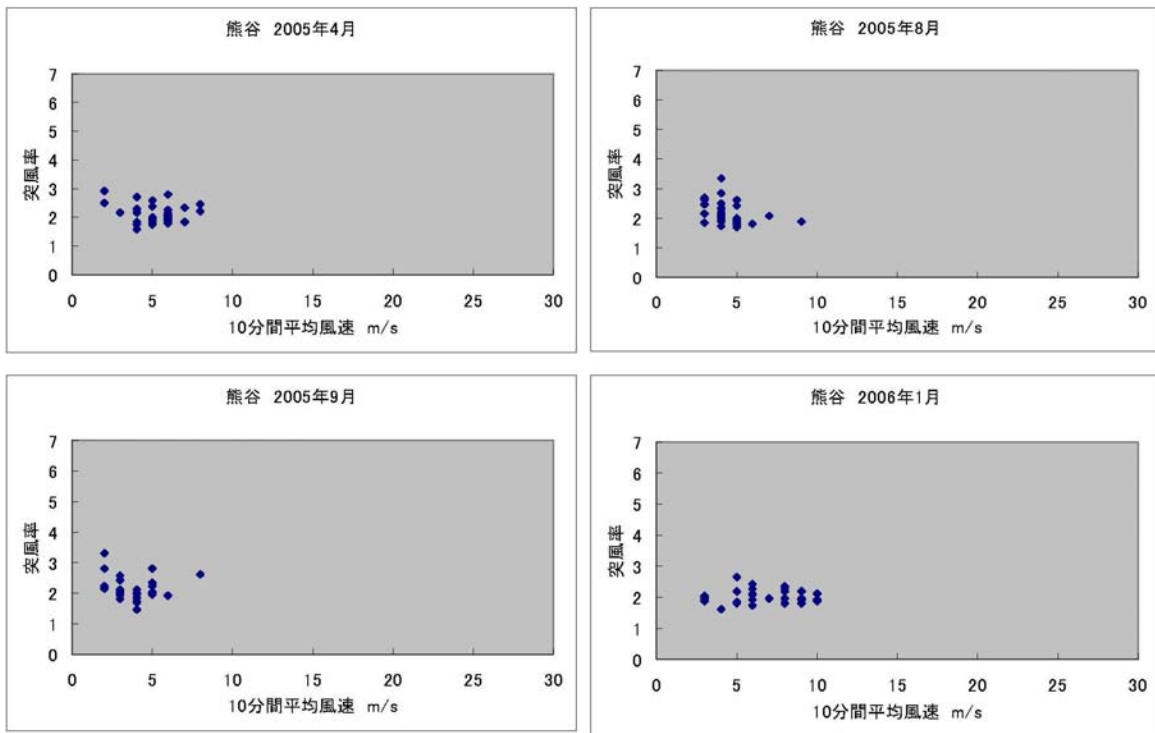


図 3.1(6) 10分間平均風速と突風率の関係（熊谷）

関東地方における突風率の推定法

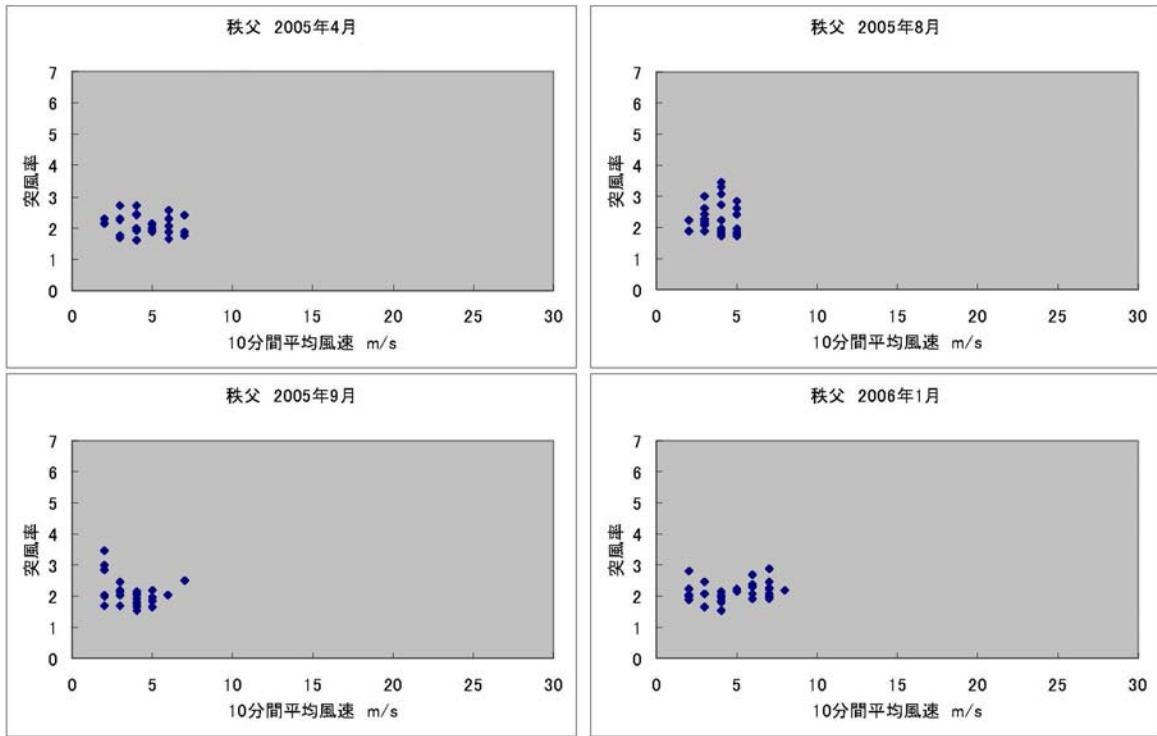


図 3.1(7) 10分間平均風速と突風率の関係（秩父）

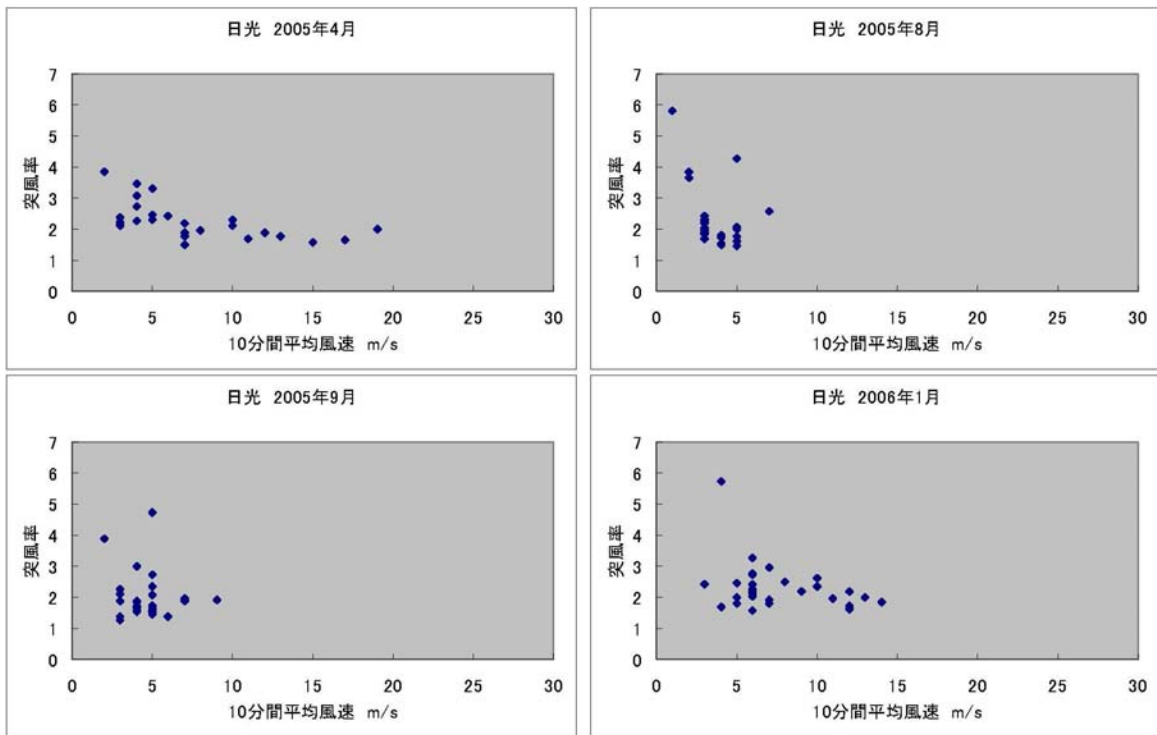


図 3.1(8) 10分間平均風速と突風率の関係（日光）

関東地方における突風率の推定法

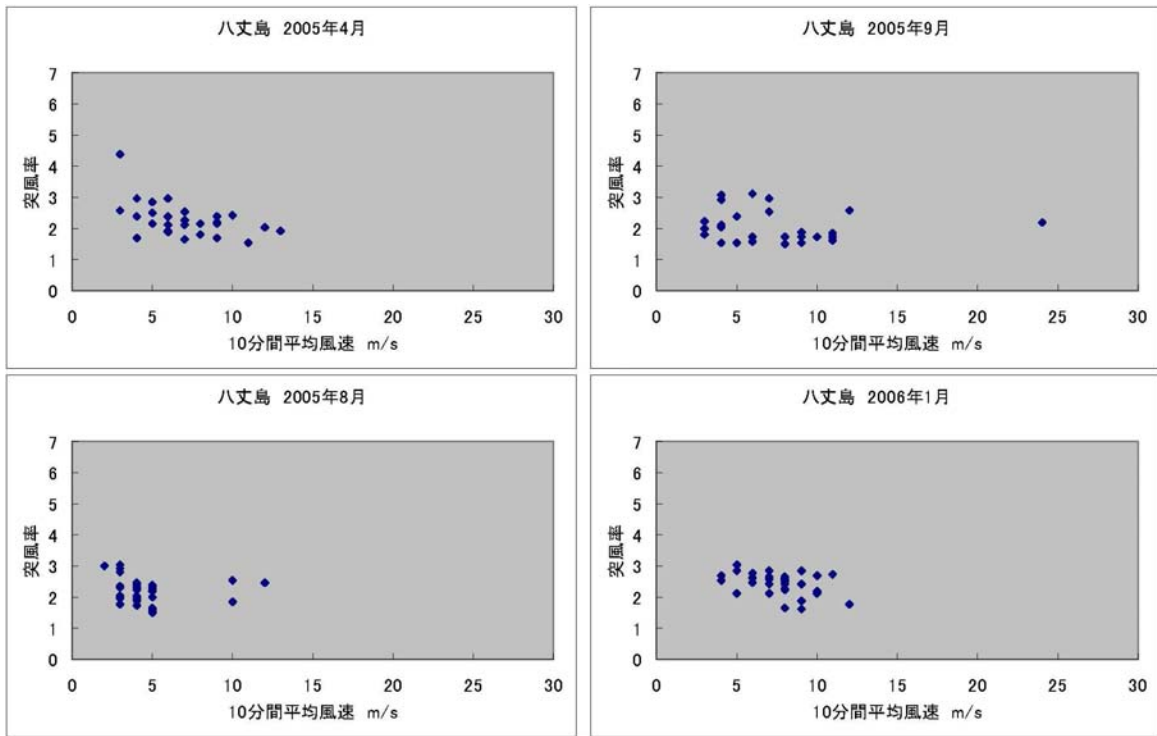


図 3.1(9) 10分間平均風速と突風率の関係（八丈島）

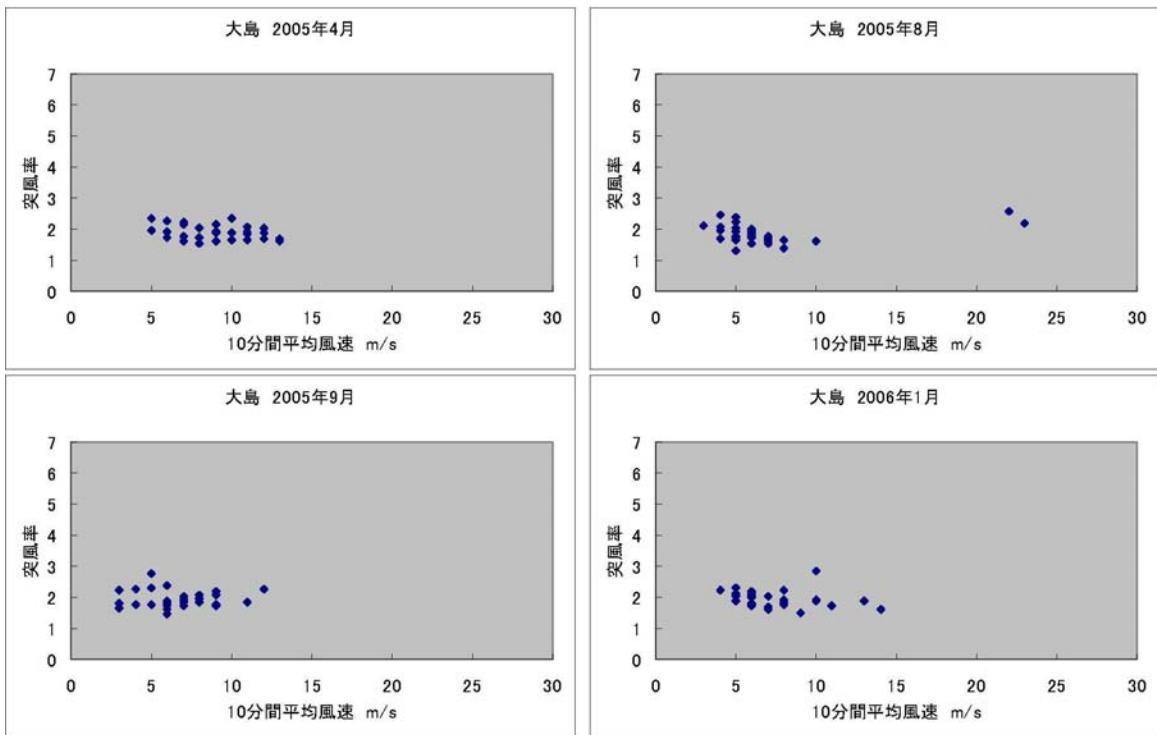


図 3.1(10) 10分間平均風速と突風率の関係（大島）

関東地方における突風率の推定法

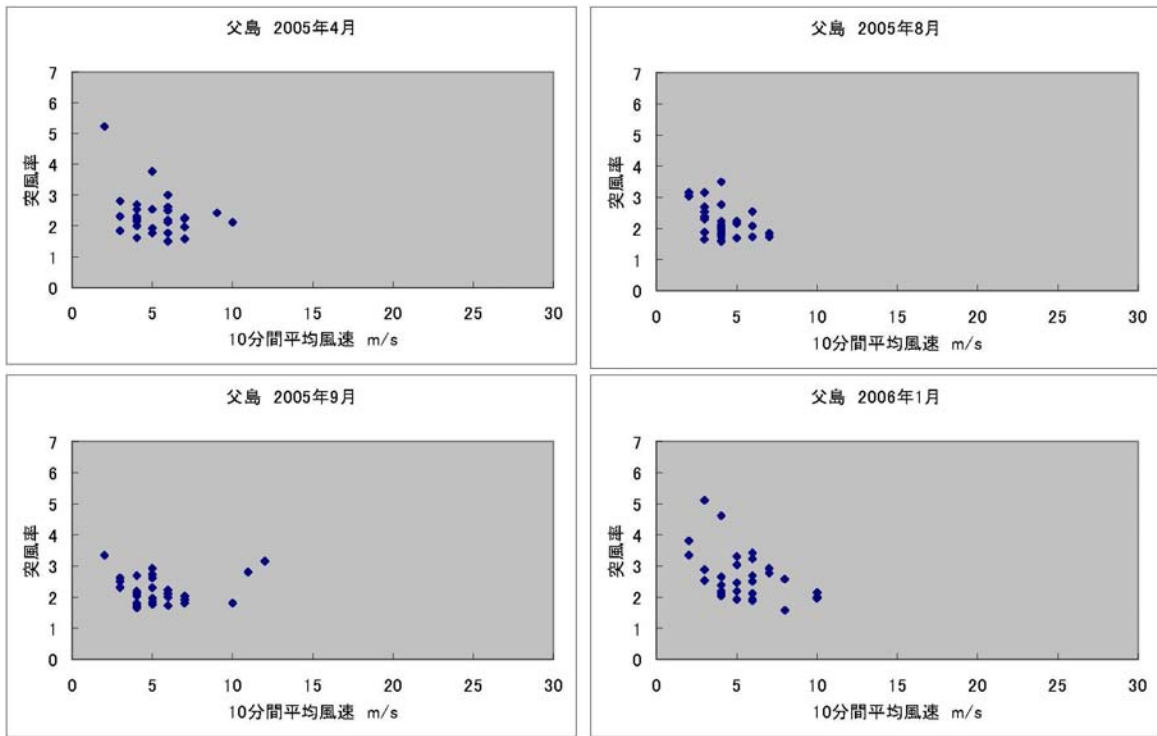


図 3.1(11) 10 分間平均風速と突風率の関係 (父島)

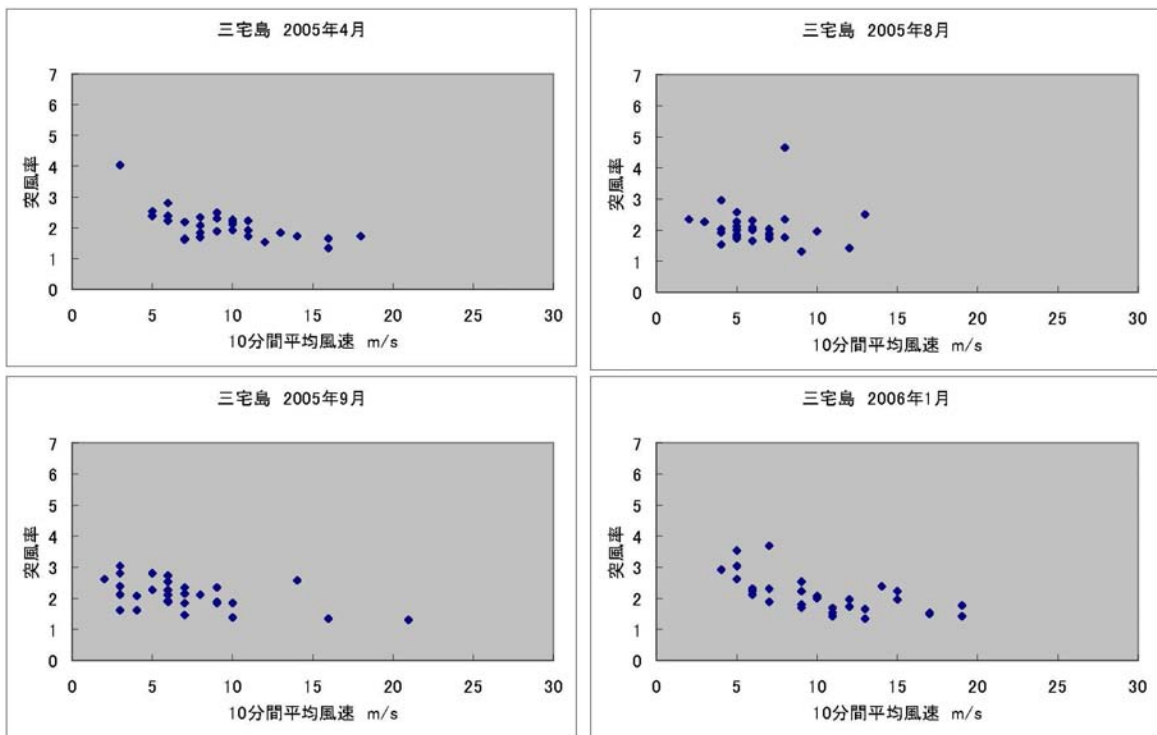


図 3.1(12) 10 分間平均風速と突風率の関係 (三宅島)

関東地方における突風率の推定法

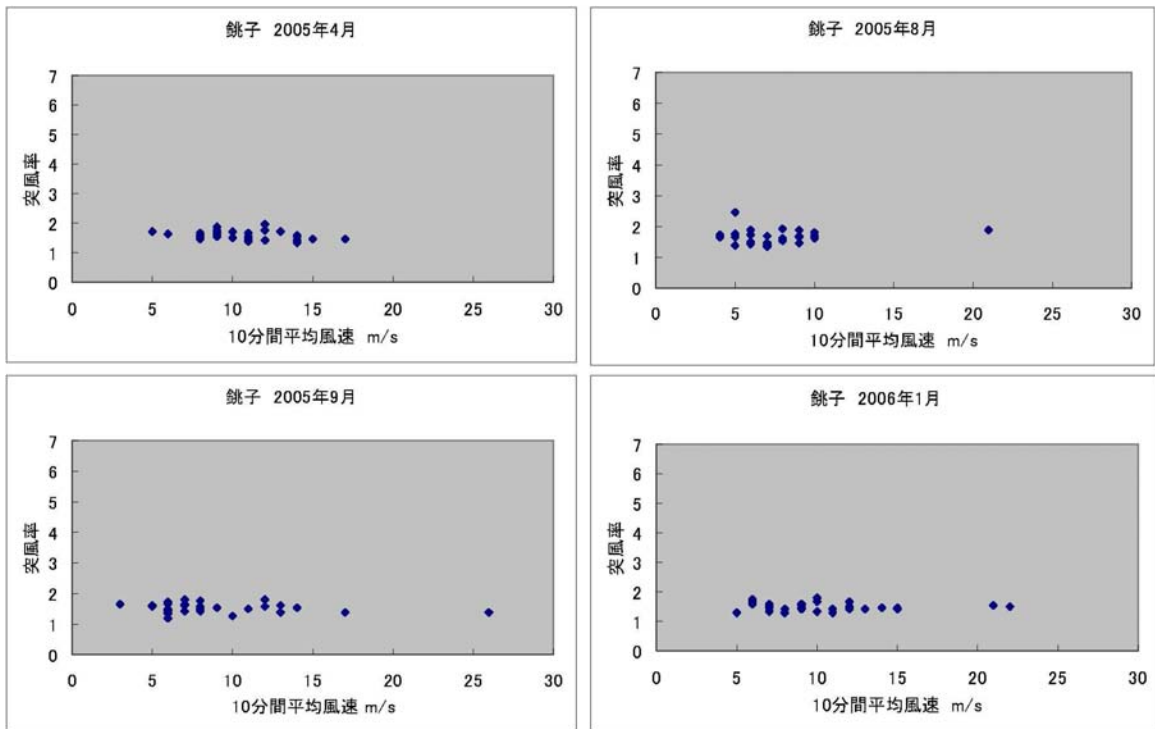


図 3.1(13) 10 分間平均風速と突風率の関係（銚子）

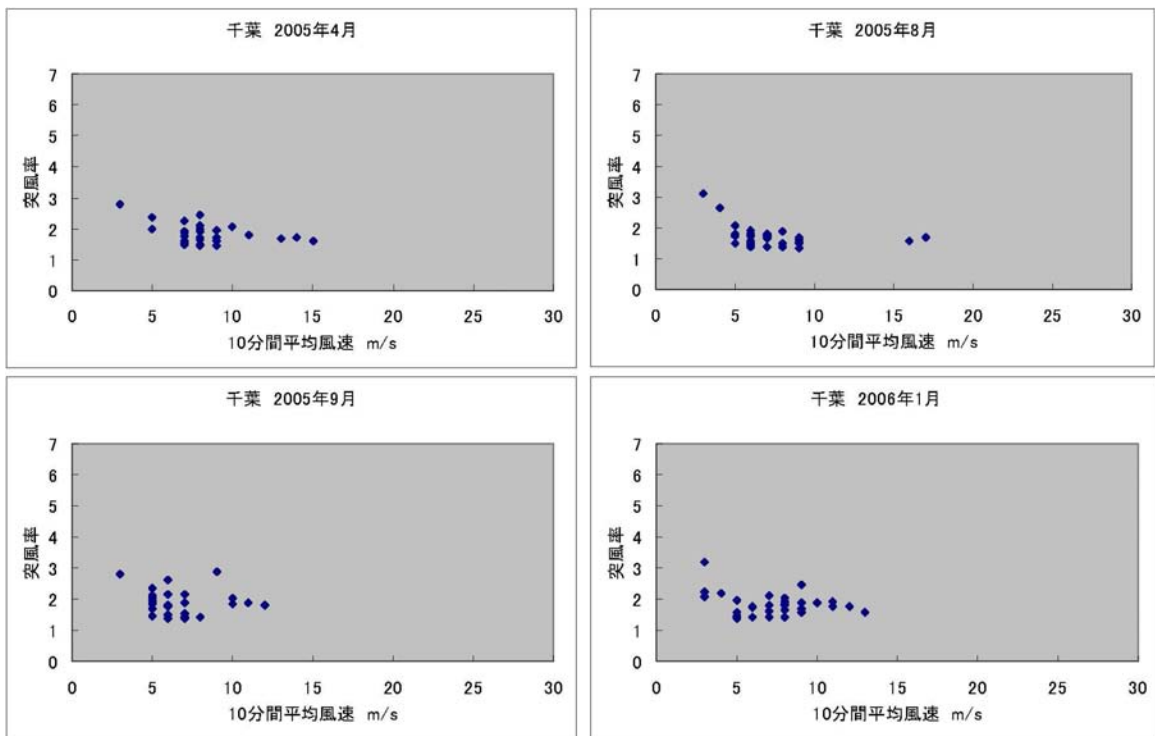


図 3.1(14) 10 分間平均風速と突風率の関係（千葉）

関東地方における突風率の推定法

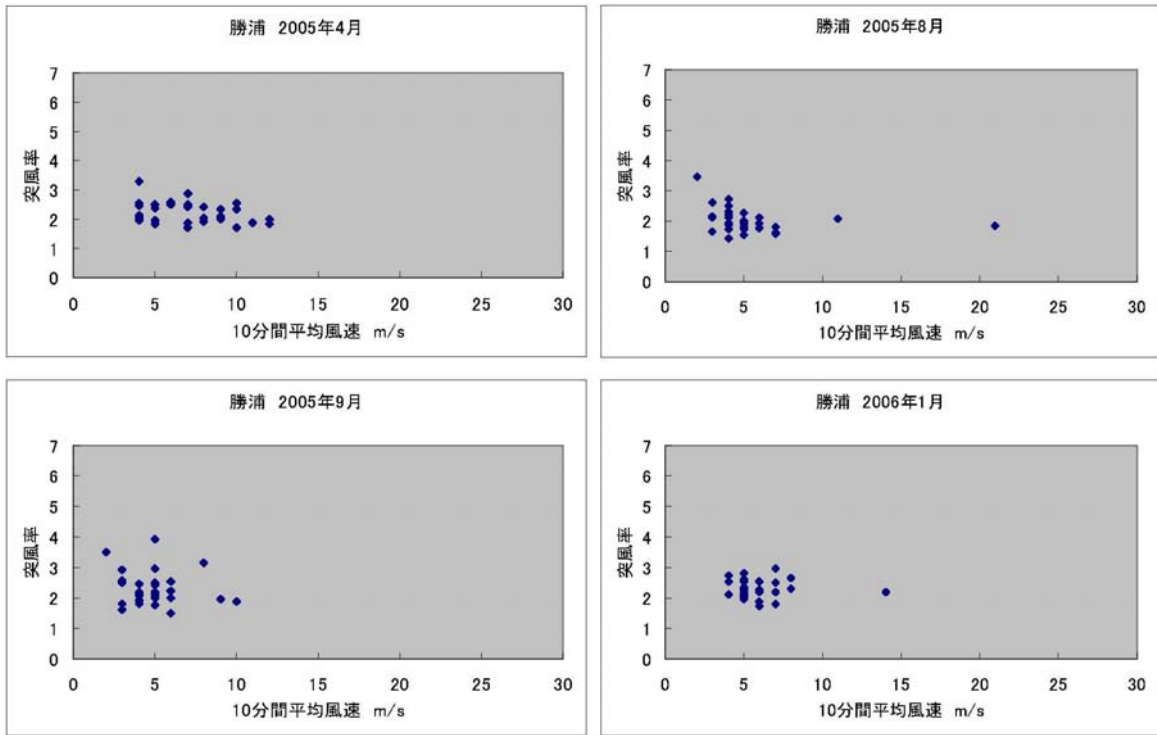


図 3.1(15) 10 分間平均風速と突風率の関係（勝浦）

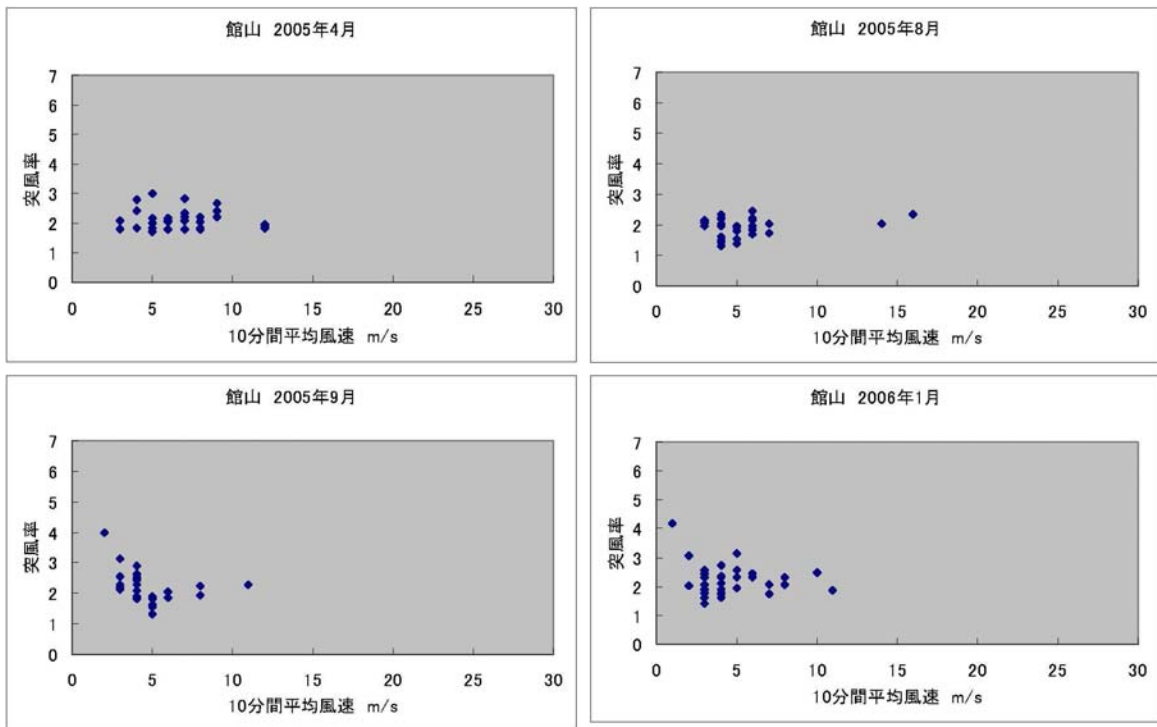


図 3.1(16) 10 分間平均風速と突風率の関係（館山）

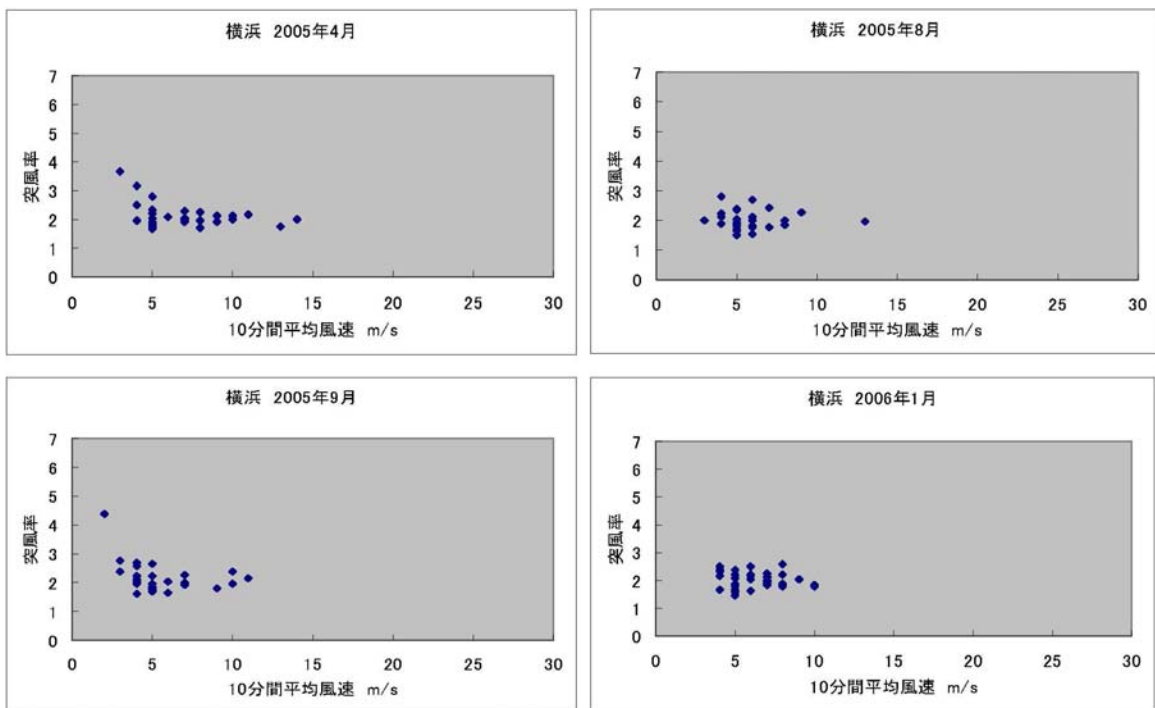


図 3.1(17) 10 分間平均風速と突風率の関係 (横浜)

次に、季節別に地形区分による違いを見ていく（図 3.1(18)~3.1(21)）。

(1) 4月

大きな違いは見られなかった。

(2) 8月

他の地形に比べて、山地は10分間平均風速が小さい。また、島では10分間平均風速が大きくなっても突風率が収束せず、ばらつきが目立った。

(3) 9月

他の地形と比べて、山地の10分間平均風速は小さい。島では突風率の収束が見られずばらつきがある。

(4) 1月

島の突風率が他の地形区分と比べると少し大きい。

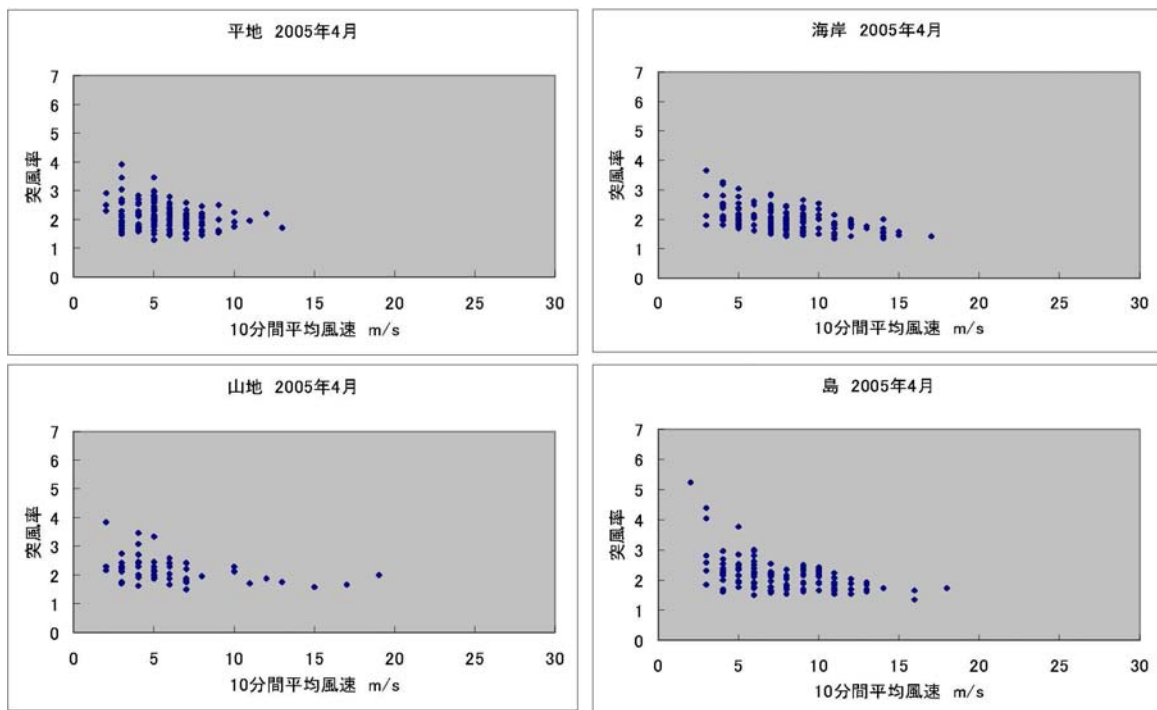


図 3.1(18) 10分間平均風速と突風率の関係（4月）

2 最大値と最多値の特徴

地形区分別に最大値と最多値の季節による違いを見ていく（図 3.2(1)~3.2(4)）。

(1) 平地

どの月も、突風率階級の最大値は3.5ぐらいから1.8ぐらいに収束していて、大きな違いは見られない。最多値もほぼ同じである。

関東地方における突風率の推定法

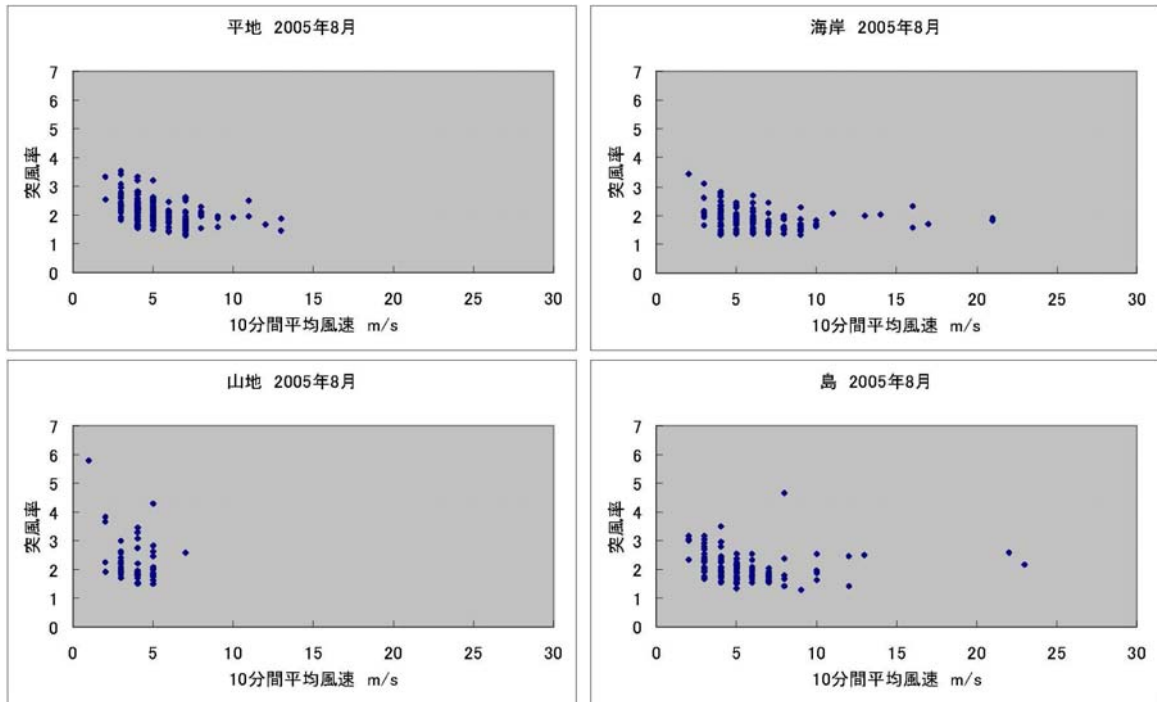


図 3.1(19) 10分間平均風速と突風率の関係 (8月)

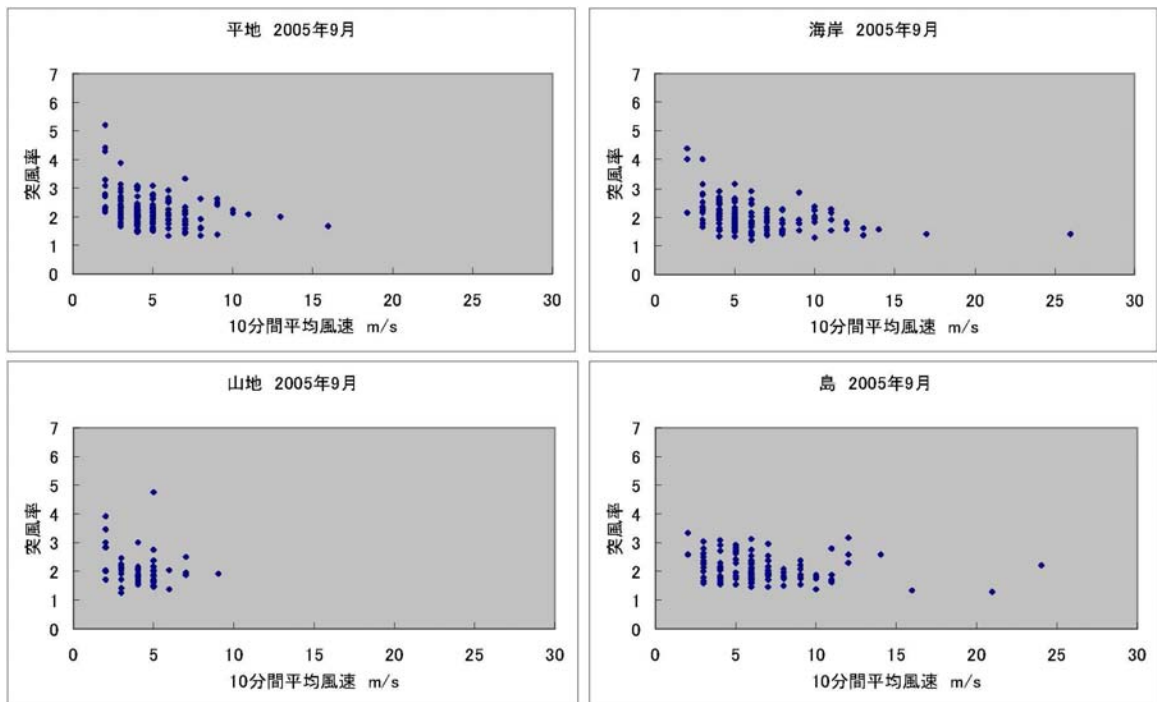


図 3.1(20) 10分間平均風速と突風率の関係 (9月)

(2) 海岸

9月は、風速階級が小さいときの突風率階級の最大値が大きい。よって直線の傾きが大きくなる。最多値はどの月も2前後に落ち着く。

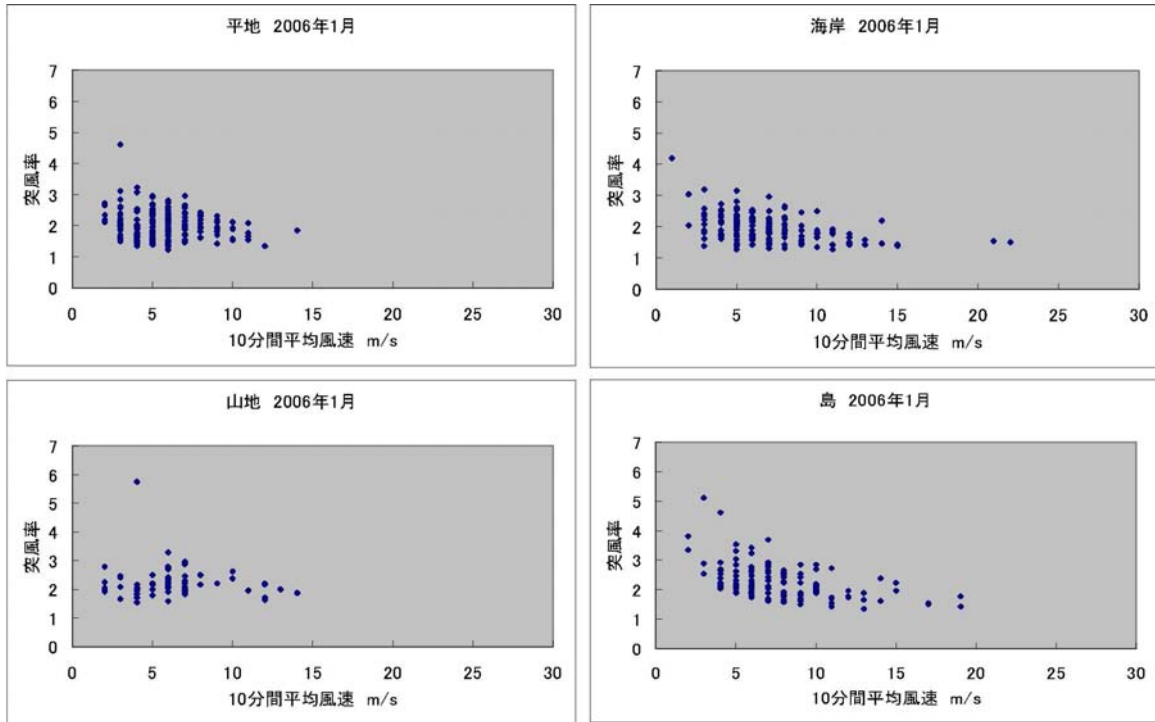


図 3.1(21) 10 分間平均風速と突風率の関係 (1 月)

(3) 山地

8 月と 9 月、4 月と 1 月のグラフがそれぞれ似たような形になった。最多値はどの月も 2.4~2 で大体同じである。

(4) 島

8 月に突発的に大きな突風率が見られるので、直線の傾きが大きくなった。最多値に大きな違いは見られない。

次に、全季節重ねたものを地形区分による違いを見ていく (図 3.2(5))。

突風率の最多値が、平地は約 2、海岸は約 1.9、山地は約 2.3、島は約 2.5 程度で、地形により多少差が出る。わかりやすいように重ねたものが図 3.2(6) である。図 3.2(5) の黒線で示した最大値は、山地と島では突発的に大きな突風率階級が見られるので、風速階級が約 5~10 の範囲で傾きが大きい。しかし、風速階級が大きくなるにつれて、どの地形も突風率が 2 に近づく。

さらに、全データを重ねたものを図 3.2(7) に示し、その内訳として、地点ごと全季節を重ねたものを図 3.2(8) に示した。

関東地方における突風率の推定法

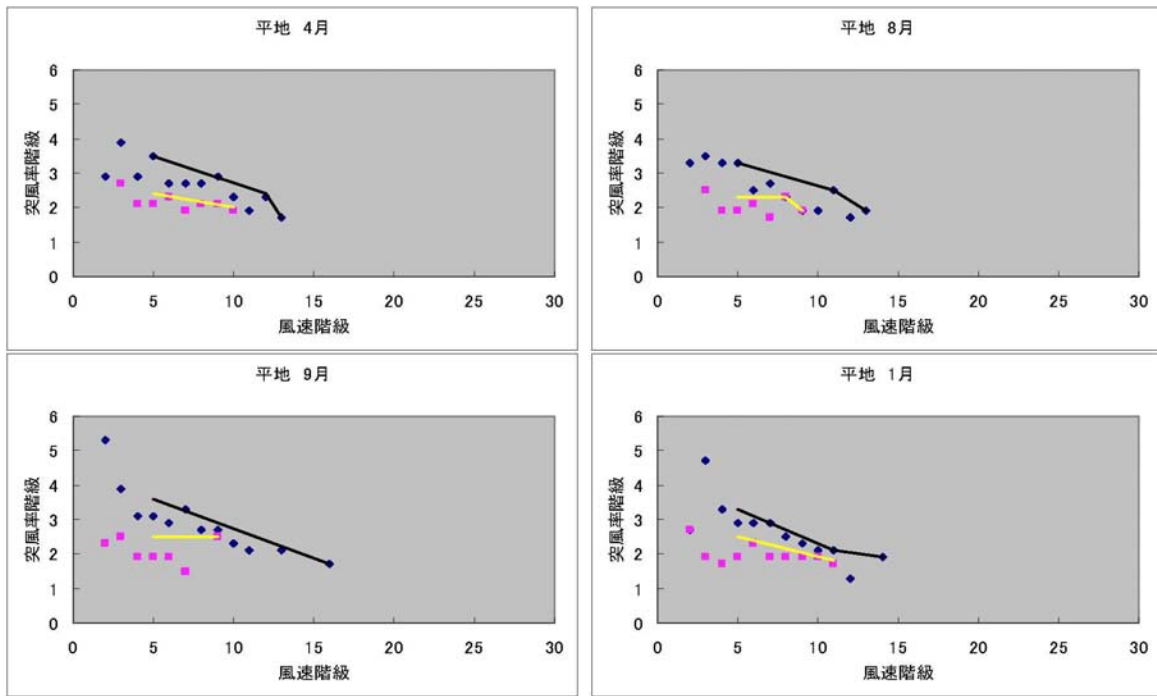


図 3.2(1) 10 分間平均風速と突風率の関係（突風率の最大値と突風率頻度の最多値）（平地）
 青：最大値 ピンク：最多値 ー：最大値直線 黄：最多値直線

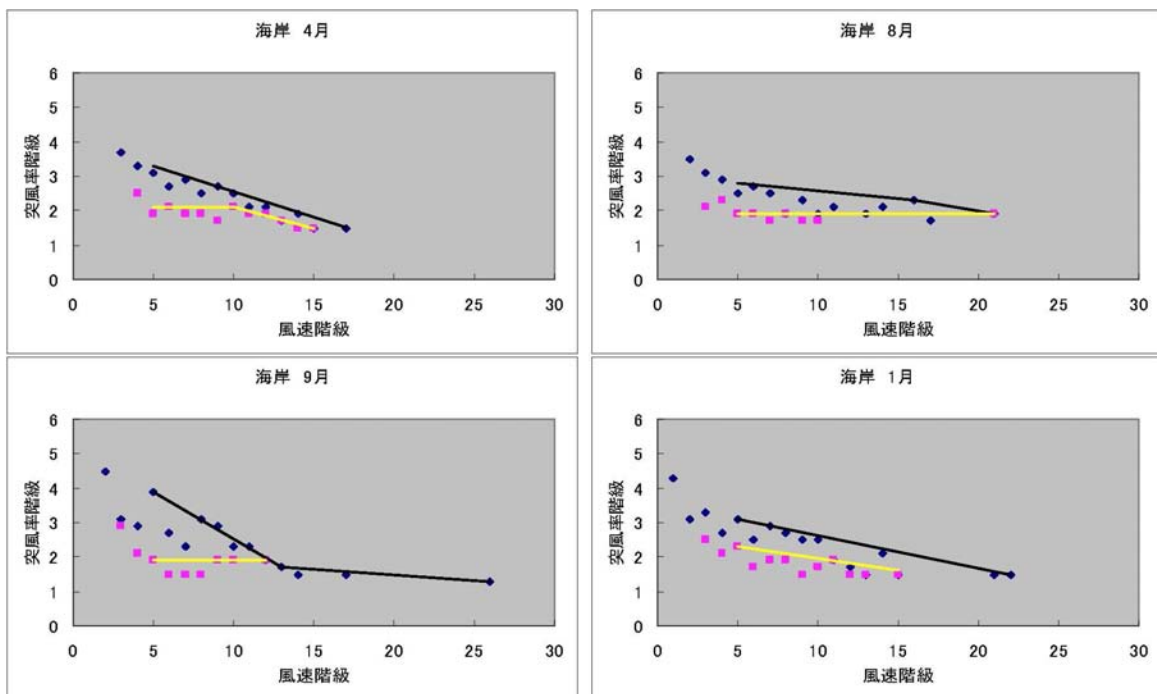


図 3.2(2) 10 分間平均風速と突風率の関係（突風率の最大値と突風率頻度の最多値）（海岸）
 青：最大値 ピンク：最多値 ー：最大値直線 黄：最多値直線

関東地方における突風率の推定法

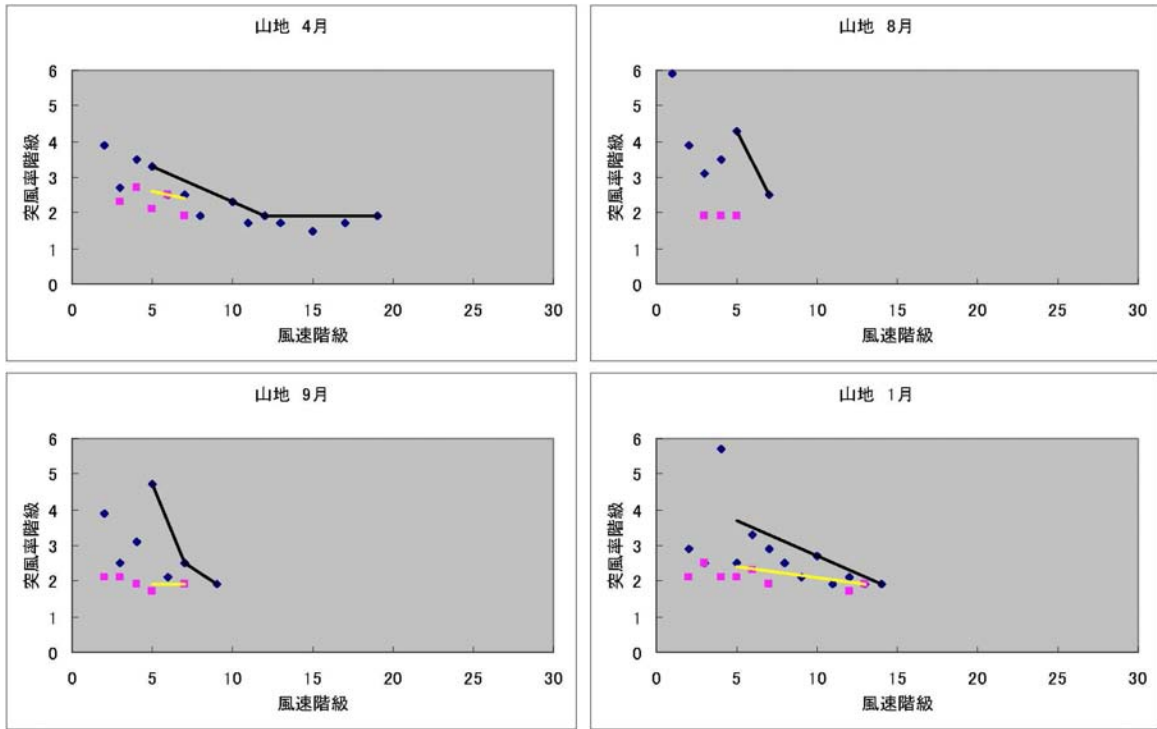


図 3.2(3) 10 分間平均風速と突風率の関係（突風率の最大値と突風率頻度の最多値）（山地）
 青：最大値 ピンク：最多値 ー：最大値直線 黄：最多値直線

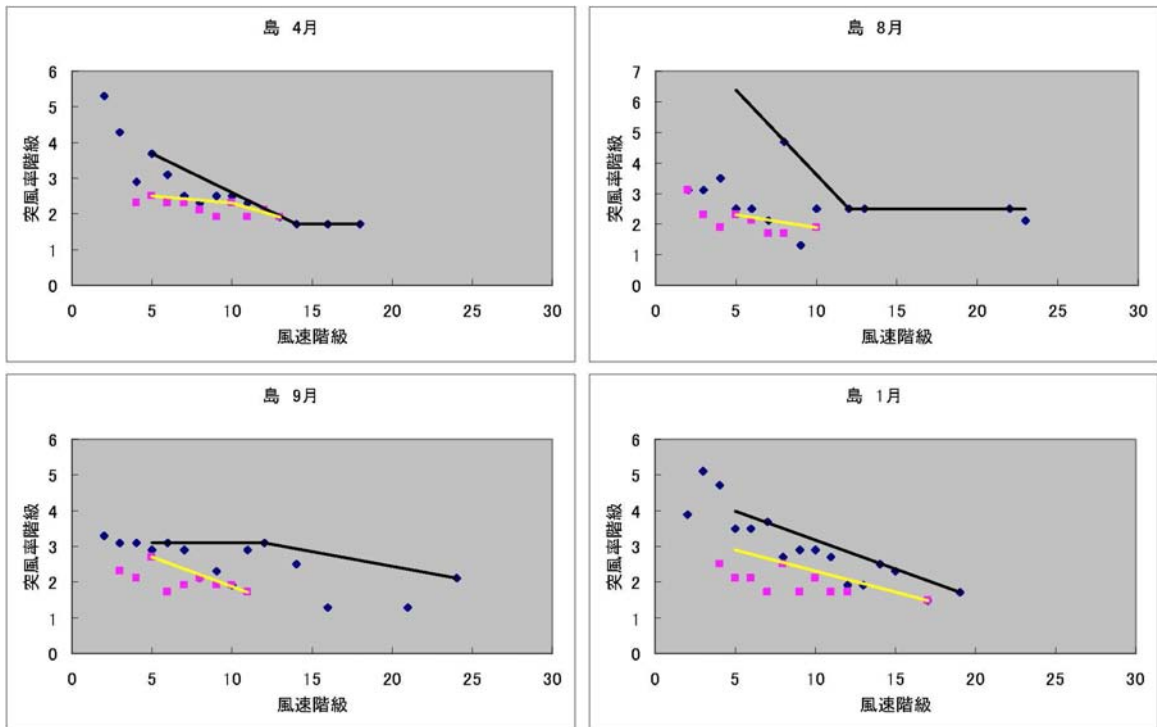


図 3.2(4) 10 分間平均風速と突風率の関係（突風率の最大値と突風率頻度の最多値）（島）
 青：最大値 ピンク：最多値 ー：最大値直線 黄：最多値直線

関東地方における突風率の推定法

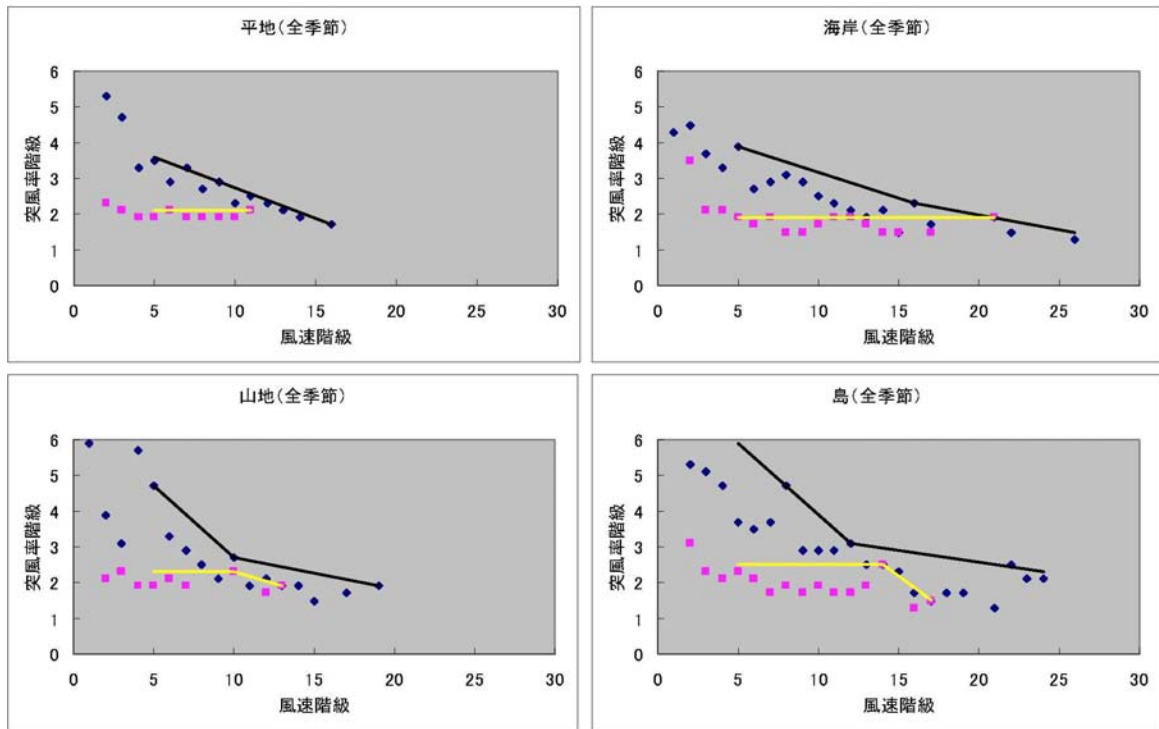


図 3.2(5) 10 分間平均風速と突風率の関係 (突風率の最大値と突風率頻度の最多値) (全季節)
 青：最大値 ピンク：最多値 ー：最大値直線 黄：最多値直線

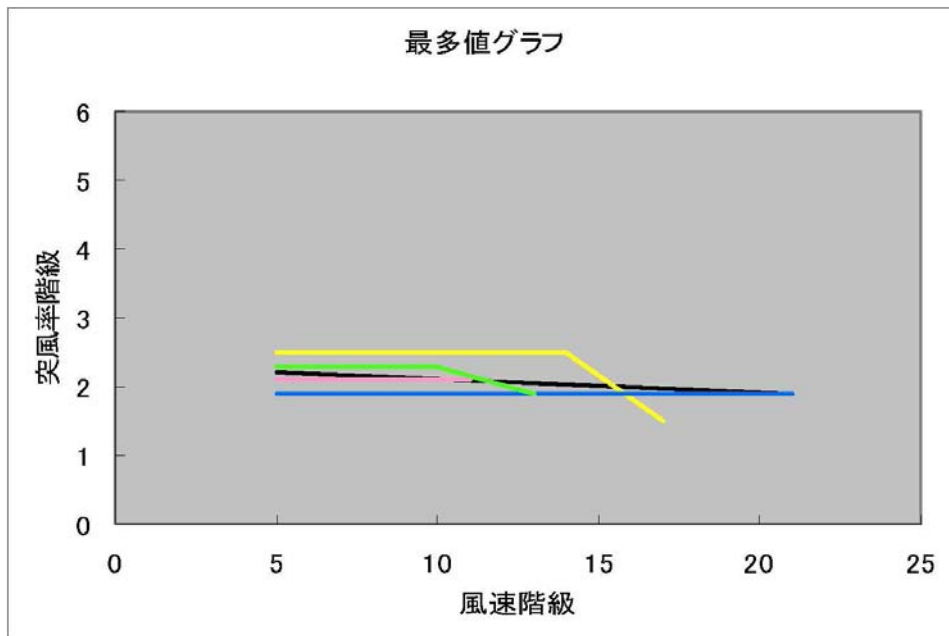


図 3.2(6) 地形区分別 (全季節) の突風率頻度の最多値
 黄：島 緑：山地 ピンク：平地 青：海岸 黒：全データ

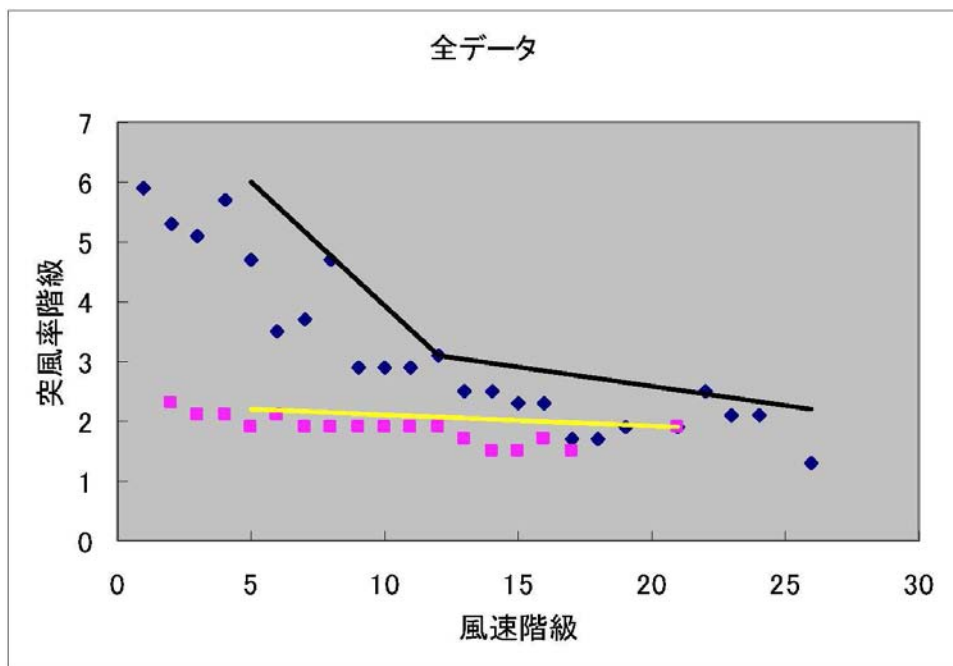


図 3.2(7) 10 分間平均風速と突風率の関係 (突風率の最大値と突風率頻度の最多値) (全データ)
 青 : 最大値 ピンク : 最多値 ー : 最大値直線 黄 : 最多値直線

関東地方における突風率の推定法

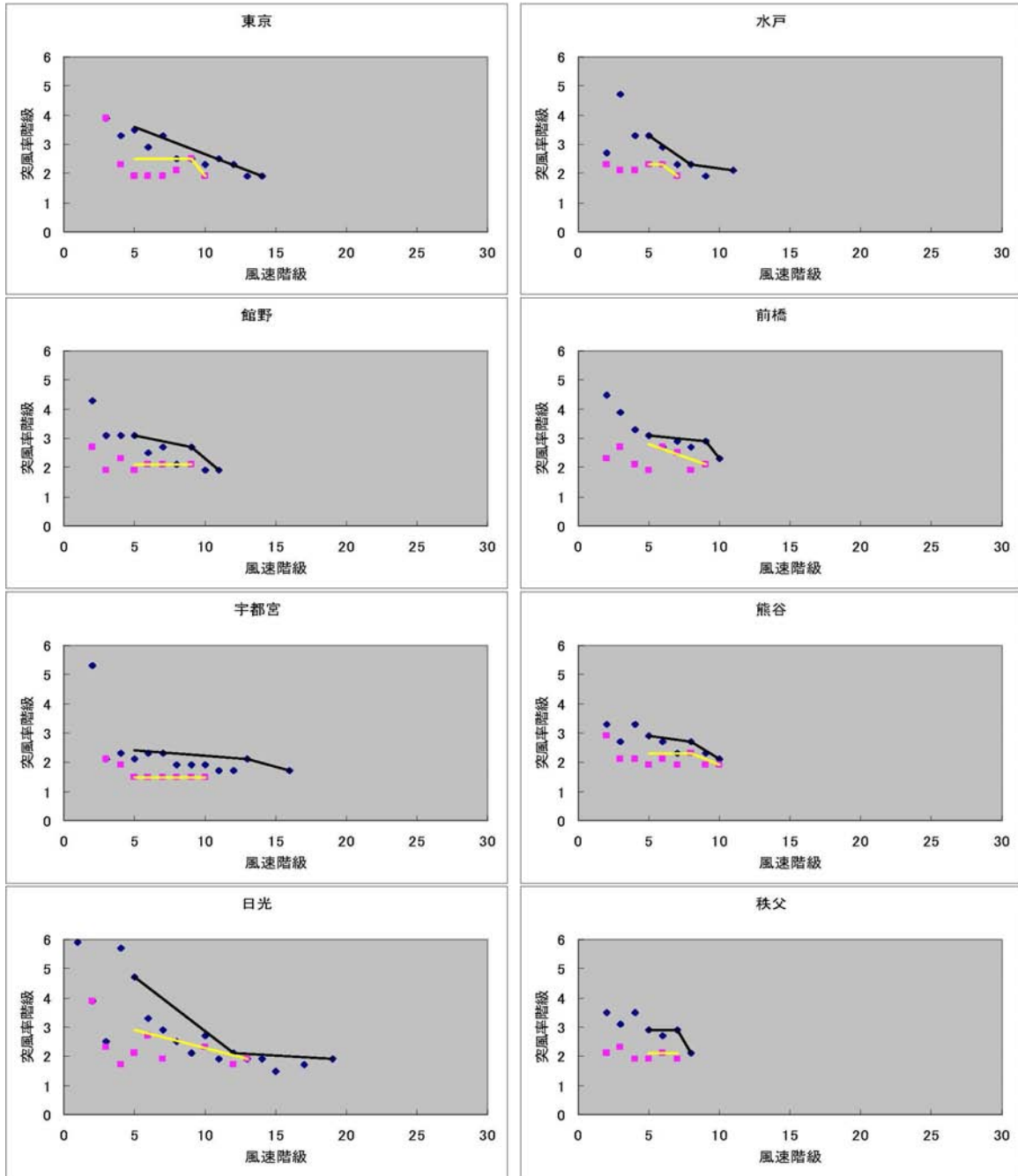


図3.2(8a) 10分間平均風速と突風率の関係（突風率の最大値と突風率頻度の最多値）（地点ごと全季節）青：最大値 ピンク：最多値 ー：最大値直線 黄：最多値直線

関東地方における突風率の推定法

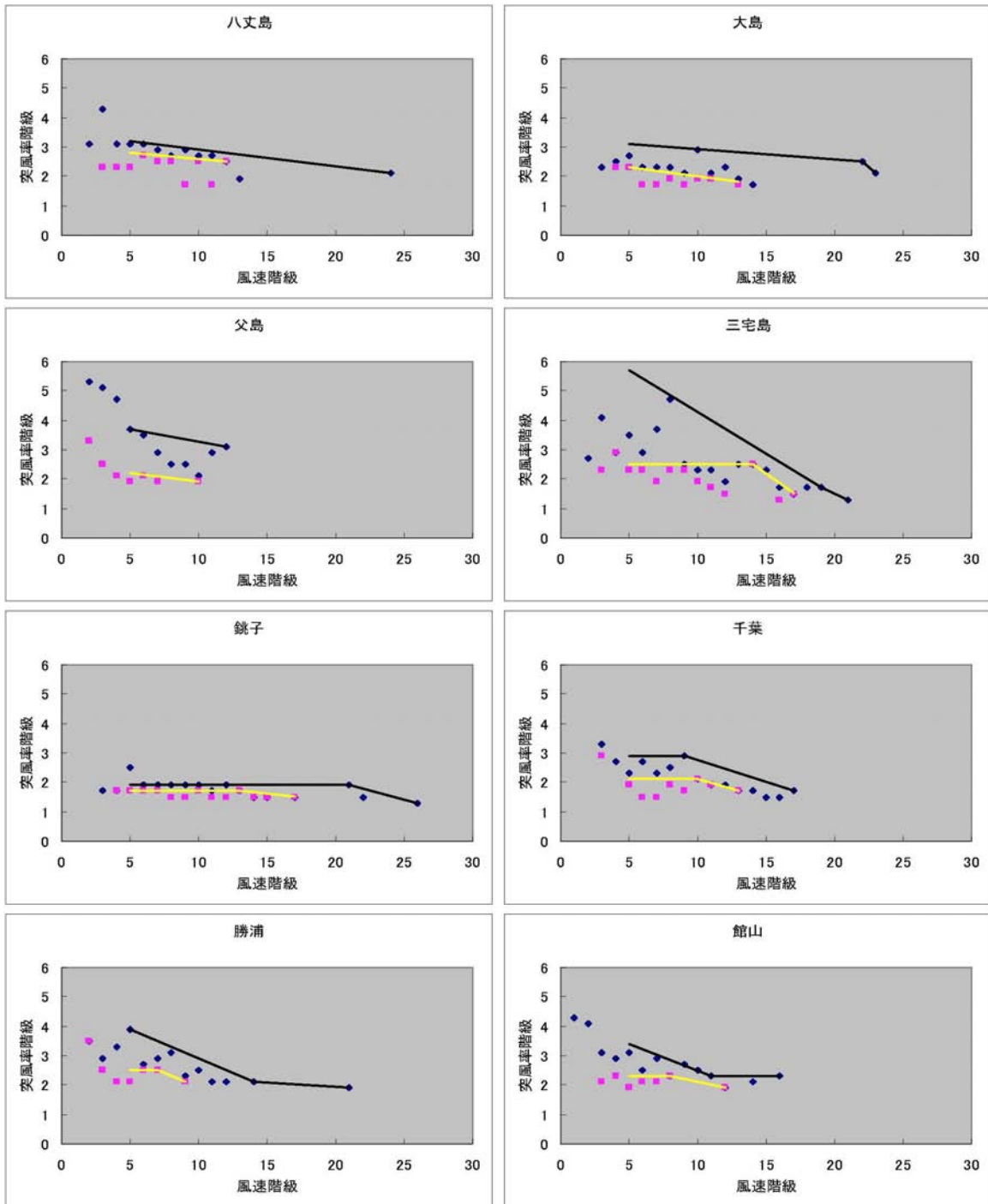


図 3.2(8b) 10 分間平均風速と突風率の関係（突風率の最大値と突風率頻度の最多値）（地点ごと全季節）青：最大値 ピンク：最多値 ー：最大値直線 黄：最多値直線

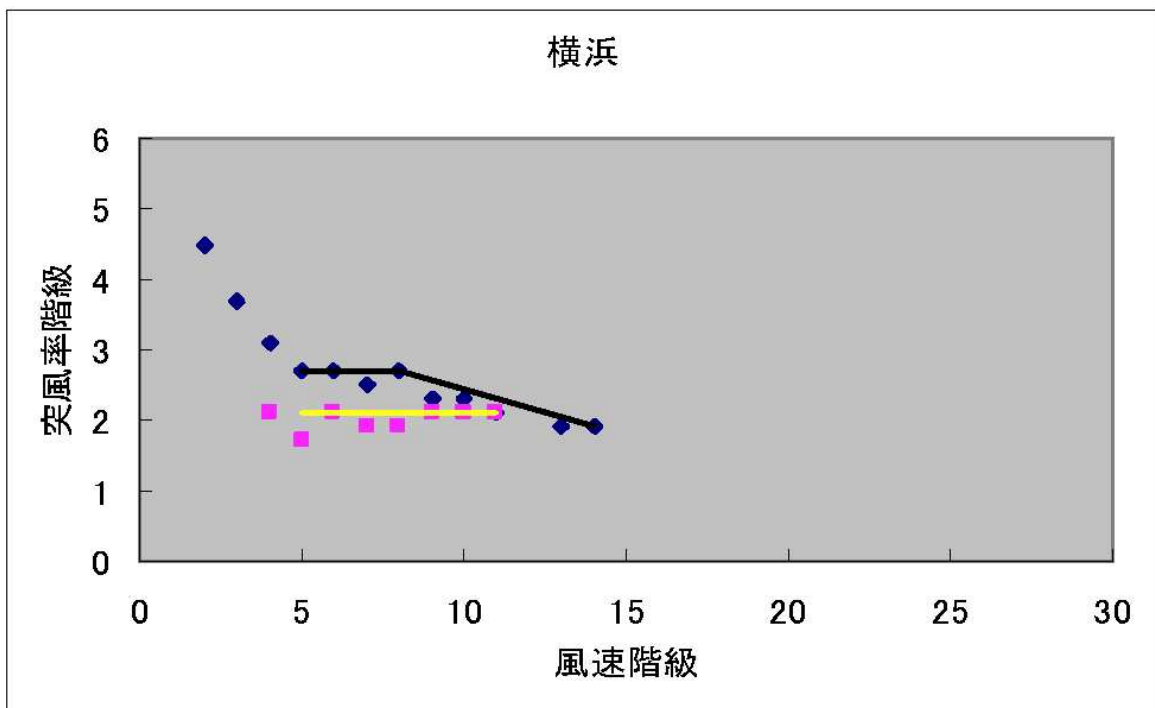


図 3.2(8c) 10 分間平均風速と突風率の関係（突風率の最大値と突風率頻度の最多値）（横浜、全季節） 青：最大値 ピンク：最多値 ー：最大値直線 黄：最多値直線

3 近畿地方との比較

林ら（2008）の近畿地方の研究結果と、関東地方とで共通の地形区分である平地と海岸、さらに全データについて比較した。

- (1) 平地（全季節）について
最大値も最多値も大きな違いは見られなかった。
- (2) 海岸（全季節）について
最大値も最多値も大きな違いは見られなかった。
- (3) 全データについて
最大値は関東地方の方が大きい。最多値はほぼ同じである。

IV まとめと今後の課題

1 まとめ

- (1) それぞれのグラフで引いた直線または折れ線に関数にすると表 4.1a~c のようになった。 Y は突風率で x は 10 分間平均風速である。 x に 10 分間平均風速を代入すれば突風率が算出されて、10 分間平均風速 \times 突風率 で最大瞬間風速を推定することが出来る。
- (2) 季節による比較では、最大値も最多値も突風率の大きな違いは見られなかった。地形区分による比較では、最多値の突風率は島、山地、平地、海岸の順で大きいですが、どの地点も 2 前後になった。しかし最大値は、島や山地で突発的に大きい値が現れ、地形区分ごとにばらつきがある。よって安全率を高く設定する場合は、地形区分別の数式を使用した方がよい。
- (3) 関東地方においては、データ数が多いために信頼性が高いのは、全データを使用した最多値と最大値の数式である（表 4.1a の最上段、図 3.2(7)）。一番推奨されるのは、全データを使用した最多値の数式（表 4.1a の最上段の右側）である。
- (4) 我が国において、最大瞬間風速と平均風速の同時性を保った上で、風の大量な実測値を用い、突風率を平均風速の関数とし、広域的な地形区分毎に数式化した研究はこれまでにほとんどなく、林ら（2008）の近畿地方の研究に続くものである。突風率の推定式において、最も出現確率の高い値（最多値）と出現率は低い最も大きめの値（最大値）の両方を地点、地形区分、及び季節毎に求めたことにも、当研究の独自性が認められる。

2 今後の課題

- (1) 今回は地形区分別や季節別に、突風率推定式を開発することを主な目的としたが、地形によって突風率が変化する理由などを研究する必要がある。
- (2) この研究では 2005 年春～2006 年冬の一年しか解析しなかったが、もっと過去までさかのぼり、データ量を増やして精度を高める必要がある。

- (3) 風上に大きな山などがあると突風率も変わってくると思われるので、観測地点の周辺の環境や風向をもっと視野に入れて研究する必要がある。
- (4) 台風の移動と共に、その進路上にある観測地点のデータを使用し解析する。そうすることで、台風の移動に伴う突風率の変化を知ることが出来る。
- (5) 局地的な地形影響を調べるためには、気象庁管轄の観測点以外の風データも入手して、解析する必要がある。

表 4.1a 数式まとめ (a)

	最大値	最多値
全データ	$Y = -0.414x + 8.07$ ($5 \leq x \leq 12$) $Y = -0.0643x + 3.87$ ($12 \leq x \leq 26$)	$Y = -0.0188x + 2.29$ ($5 \leq x \leq 21$)
山地 (全季節)	$Y = -0.4x + 6.7$ ($5 \leq x \leq 10$) $Y = -0.0889x + 3.59$ ($10 \leq x \leq 19$)	$Y = 2.3$ ($5 \leq x \leq 10$) $Y = -0.133x + 3.63$ ($10 \leq x \leq 13$)
島 (全季節)	$Y = -0.4x + 7.9$ ($5 \leq x \leq 12$) $Y = -0.0667x + 3.9$ ($12 \leq x \leq 24$)	$Y = 2.5$ ($5 \leq x \leq 14$) $Y = -0.333x + 7.17$ ($14 \leq x \leq 17$)
平地 (全季節)	$Y = -0.173x + 4.46$ ($5 \leq x \leq 16$)	$Y = 2.1$ ($5 \leq x \leq 11$)
海岸 (全季節)	$Y = -0.145x + 4.63$ ($5 \leq x \leq 16$) $Y = -0.08x + 3.58$ ($16 \leq x \leq 26$)	$Y = 1.9$ ($5 \leq x \leq 21$)
山地 (4月)	$Y = -0.2x + 4.3$ ($5 \leq x \leq 12$) $Y = 1.9$ ($12 \leq x \leq 19$)	$Y = -0.1x + 3.1$ ($5 \leq x \leq 7$)
山地 (8月)	$Y = -0.9x + 8.8$ ($5 \leq x \leq 7$)	
山地 (9月)	$Y = -1.1x + 10.2$ ($5 \leq x \leq 7$) $Y = -0.3x + 4.6$ ($7 \leq x \leq 9$)	$Y = 1.9$ ($5 \leq x \leq 7$)
山地 (1月)	$Y = -0.2x + 4.7$ ($5 \leq x \leq 14$)	$Y = -0.0625x + 2.71$ ($5 \leq x \leq 13$)
島 (4月)	$Y = -0.222x + 4.81$ ($5 \leq x \leq 14$) $Y = 1.7$ ($14 \leq x \leq 18$)	$Y = -0.04x + 2.7$ ($5 \leq x \leq 10$) $Y = -0.133x + 3.63$ ($10 \leq x \leq 13$)
島 (8月)	$Y = -0.557x + 9.19$ ($5 \leq x \leq 12$) $Y = 2.5$ ($12 \leq x \leq 23$)	$Y = -0.08x + 2.7$ ($5 \leq x \leq 10$)
島 (9月)	$Y = 3.1$ ($5 \leq x \leq 12$) $Y = -0.0833x + 4.1$ ($12 \leq x \leq 24$)	$Y = -0.167x + 3.53$ ($5 \leq x \leq 11$)
島 (1月)	$Y = -0.164x + 4.82$ ($5 \leq x \leq 19$)	$Y = -0.117x + 3.48$ ($5 \leq x \leq 17$)
平地 (4月)	$Y = -0.157x + 4.29$ ($5 \leq x \leq 12$) $Y = -0.7x + 10.8$ ($12 \leq x \leq 13$)	$Y = -0.08x + 2.8$ ($5 \leq x \leq 10$)
平地 (8月)	$Y = -0.133x + 3.97$ ($5 \leq x \leq 11$) $Y = -0.3x + 5.8$ ($11 \leq x \leq 13$)	$Y = 2.3$ ($5 \leq x \leq 8$) $Y = -0.4x + 5.5$ ($8 \leq x \leq 9$)
平地 (9月)	$Y = -0.173x + 4.46$ ($5 \leq x \leq 16$)	$Y = 2.5$ ($5 \leq x \leq 9$)

表 4.1b 数式まとめ (b)

	最大値	最多値
平地 (1 月)	$Y = -0.2x + 4.3$ ($5 \leq x \leq 11$) $Y = -0.0667x + 2.83$ ($11 \leq x \leq 14$)	$Y = -0.117x + 3.08$ ($5 \leq x \leq 11$)
海岸 (4 月)	$Y = -0.15x + 4.05$ ($5 \leq x \leq 17$)	$Y = 2.1$ ($5 \leq x \leq 10$) $Y = -0.12x + 3.3$ ($10 \leq x \leq 15$)
海岸 (8 月)	$Y = -0.0455x + 3.03$ ($5 \leq x \leq 16$) $Y = -0.08x + 3.58$ ($16 \leq x \leq 21$)	$Y = 1.9$ ($5 \leq x \leq 21$)
海岸 (9 月)	$Y = -0.275x + 5.28$ ($5 \leq x \leq 13$) $Y = -0.0308x + 2.1$ ($13 \leq x \leq 26$)	$Y = 1.9$ ($5 \leq x \leq 12$)
海岸 (1 月)	$Y = -0.0941x + 3.57$ ($5 \leq x \leq 22$)	$Y = -0.07x + 2.65$ ($5 \leq x \leq 15$)
東京 (全季節)	$Y = -0.189x + 4.54$ ($5 \leq x \leq 14$)	$Y = 2.5$ ($5 \leq x \leq 9$) $Y = -0.6x + 7.9$ ($9 \leq x \leq 10$)
水戸 (全季節)	$Y = -0.333x + 4.97$ ($5 \leq x \leq 8$) $Y = -0.0667x + 2.83$ ($8 \leq x \leq 11$)	$Y = 2.3$ ($5 \leq x \leq 6$) $Y = -0.4x + 4.7$ ($6 \leq x \leq 7$)
館野 (全季節)	$Y = -0.1x + 3.6$ ($5 \leq x \leq 9$) $Y = -0.4x + 6.3$ ($9 \leq x \leq 11$)	$Y = 2.1$ ($5 \leq x \leq 9$)
前橋 (全季節)	$Y = -0.05x + 3.35$ ($5 \leq x \leq 9$) $Y = -0.6x + 8.3$ ($9 \leq x \leq 10$)	$Y = -0.175x + 3.68$ ($5 \leq x \leq 9$)
宇都宮 (全季節)	$Y = -0.0375x + 2.59$ ($5 \leq x \leq 13$) $Y = -0.133x + 3.83$ ($13 \leq x \leq 16$)	$Y = 1.5$ ($5 \leq x \leq 10$)
熊谷 (全季節)	$Y = -0.0667x + 3.23$ ($5 \leq x \leq 8$) $Y = -0.3x + 5.1$ ($8 \leq x \leq 10$)	$Y = 2.3$ ($5 \leq x \leq 8$) $Y = -0.2x + 3.9$ ($8 \leq x \leq 10$)
銚子 (全季節)	$Y = 1.9$ ($5 \leq x \leq 21$) $Y = -0.12x + 4.42$ ($21 \leq x \leq 26$)	$Y = 1.7$ ($5 \leq x \leq 13$) $Y = -0.05x + 2.35$ ($13 \leq x \leq 17$)
千葉 (全季節)	$Y = 2.9$ ($5 \leq x \leq 9$) $Y = -0.15x + 4.25$ ($9 \leq x \leq 17$)	$Y = 2.1$ ($5 \leq x \leq 10$) $Y = -0.133x + 3.43$ ($10 \leq x \leq 13$)
勝浦 (全季節)	$Y = -0.2x + 4.9$ ($5 \leq x \leq 14$) $Y = -0.0286x + 2.5$ ($14 \leq x \leq 21$)	$Y = 2.5$ ($5 \leq x \leq 7$) $Y = -0.2x + 3.9$ ($7 \leq x \leq 9$)

表 4.1c 数式まとめ (c)

	最大値	最多値
館山(全季節)	$Y = -0.183x + 4.31$ ($5 \leq x \leq 11$) $Y = 2.3$ ($11 \leq x \leq 16$)	$Y = 2.3$ ($5 \leq x \leq 8$) $Y = -0.1x + 3.1$ ($8 \leq x \leq 12$)
横浜(全季節)	$Y = 2.7$ ($5 \leq x \leq 8$) $Y = -0.133x + 3.76$ ($8 \leq x \leq 14$)	$Y = 2.1$ ($5 \leq x \leq 11$)
秩父(全季節)	$Y = 2.9$ ($5 \leq x \leq 7$) $Y = -0.8x + 8.5$ ($7 \leq x \leq 8$)	$Y = 2.1$ ($5 \leq x \leq 7$)
日光(全季節)	$Y = -0.371x + 6.56$ ($5 \leq x \leq 12$) $Y = -0.0286x + 2.44$ ($12 \leq x \leq 19$)	$Y = -0.125x + 3.53$ ($5 \leq x \leq 13$)
八丈島(全季節)	$Y = -0.0579x + 3.49$ ($5 \leq x \leq 24$)	$Y = -0.0429x + 3.01$ ($5 \leq x \leq 12$)
大島(全季節)	$Y = -0.0353x + 3.28$ ($5 \leq x \leq 22$) $Y = -0.4x + 11.3$ ($22 \leq x \leq 23$)	$Y = -0.0625x + 2.61$ ($5 \leq x \leq 13$)
父島(全季節)	$Y = -0.0857x + 4.13$ ($5 \leq x \leq 12$)	$Y = -0.06x + 2.5$ ($5 \leq x \leq 10$)
三宅島(全季節)	$Y = -0.286x + 7.13$ ($5 \leq x \leq 19$) $Y = -0.2x + 5.5$ ($19 \leq x \leq 21$)	$Y = 2.5$ ($5 \leq x \leq 14$) $Y = -0.333x + 7.17$ ($14 \leq x \leq 17$)

謝辞

当論文の元である村上(2007)の卒業研究を進めるにあたり、山梨大学・教育人間科学部・理科教育講座(地学分野)の准教授の角田謙朗博士及び同じくソフトサイエンス講座(地学分野)の石垣武久准教授には、多くのご助言と励ましをいただきました。山梨大学名誉教授の吉村 稔博士および地学分野の教授の尾藤章雄博士には気象庁データの利用についてご指導いただきました。以上の方々に重ねて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 安達隆史, 1985: 大気汚染濃度予測のための上層風と拡散パラメータの推定法の研究, 技術情報 No.58, 財団法人日本気象協会, 194pp. (国会図書館に寄贈し, 公開)
- [2] 林 里江, 2007: 近畿地方における突風率の研究, 山梨大学教育人間科学部・平成18年度卒業論文, 30pp.
- [3] 林 里江, 安達隆史, 2008: 近畿地方における突風率の推定法, 教育実践学研究, 山梨大学教育人間科学部附属教育実践総合センター研究紀要, No.13 (CD-ROM)
- [4] 気象庁, 2005・2006: 気象庁月報 (CD-ROM) 平成17年3月～平成18年2月, 財団法人気象業務支援センター
- [5] 気象庁, 2007: ホームページ (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)

- [6] 近藤純正, 2000 : 地表面に近い大気の科学, 理論と応用, 東京大学出版会, 324pp.
- [7] 村上裕季, 2007 : 関東地方における突風率の研究, 山梨大学教育人間科学部・平成 18 年度卒業論文, 39pp.
- [8] 塩谷正雄, 1992 : 強風の性質, 三訂新版, 開発社, 201pp.
- [9] 横浜地方気象台, 2007 : ホームページ (<http://www.tokyo-jma.go.jp/home/yokohama/>)