

静岡地方気象台のウインドプロファイラで観測された 2003-2007年の上層風

Upper layer winds observed by wind profiler of SHIZUOKA meteorological observatory in 2003-2007

井出 光美* 安達 隆史†
IDE Terumi ADACHI Takashi

要約: 航空機の安全航行や大気汚染濃度予測に重要な上層風の特徴を明らかにするとともに、観測装置の有用性確認のため、2003年～2007年の5年間に静岡地方気象台で観測されたアメダスとウインドプロファイラのデータを統計解析し、地上から海拔2182mまでの風向出現頻度と風向別平均風速を表す風配図を年別、季節別、高度別に作成した。まず、1年間の全データを用いて、季節を表す3ヶ月間の特性を季節の中央の1ヶ月間で代表できることを確認して、5年間の統計解析に適用した。その結果、次のような季節の特徴がわかった。地上は季節ごとに異なった風向頻度を持つ。春は風向が定まらず、夏は北東と南、秋は北寄り、冬は西よりである。408mと704mの卓越風向は北東と西である。特に冬は西寄りの風が多くなる。また、408mと704mは静岡市周辺の山の影響を大きく受けている。999m以上は秋を除き、概ね西寄りの風が卓越する。秋は999mで東北東寄りに卓越し、1295mで西風が増え、2182mではほとんど西風になる。年別の解析では、季節別、高度別に見て風配図に特別の経年変化は表れず、高度差による特性にも特別な経年変化は表れなかった。このように有用な情報が得られたので、観測装置の有用性も確認された。

キーワード: 静岡、ウインドプロファイラ、風配図、上層風、風向風速出現頻度

I はじめに

この研究は、筆頭著者の井出(2009)が、山梨大学教育人間科学部ソフトサイエンス課程環境科学コース(地学分野)の平成20年度卒業研究として行った「静岡における上層風の経年変化の研究—2003～2007年—」の成果を学部付属の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。また、研究の手法と対象地域が同様であるが、1年間の全データを使用して、静岡の上層風の特徴を研究した岩井の卒論(2006)とそれを公表論文用に手直しした岩井ら(2007)の研究に引き続くもので、この研究ではデータを5年分に増やすという改善が施されている。また、この研究は、理科教育教材の補充という意味もあるので、解析手法を詳細に述べ、解析図表を多く掲載した。

静岡県では、2009年6月に富士山静岡空港が開港した。飛行機の安全な航行には地上から上層までの風向、風速を把握することが必要になる。それは、滑走路の方向や長さ等を決める空港の計画段階と空港運用中の両方に必要な情報である。静岡地方気象台にあるウインドプロファイラは高度5km程度までの上層風を連続的に常時観測できるが、あいにく空港から離れているため、離着陸時の風監視にはあまり適用できない。しかし、もしも、空港予定地点でウインドプロファイラ観測が行なわれたならば、飛行機の安全な航行に有用な気象情報が得られたであろう。また、排煙が高度数

*ソフトサイエンス課程環境科学コース学生、現在、株式会社スマイルドラッグ、†理科教育講座、現在、非常勤講師

100mにも達する火力発電所の建設があるとすれば、その環境アセスメントにも上層風の情報が役立つ。この研究では、ウインドプロファイラ観測が行なわれている静岡を研究対象地点に選定して、上層風の特徴を明らかにするとともに、上層風の観測手法としてウインドプロファイラが適していることを観測結果によって示す。

岩井ら(2007)による静岡の上層風の特徴という研究では1年間(2003年6月~2004年5月)の統計解析が行われているが、気候変動、都市化や異常気象のために風の傾向は年々違う可能性がある。また、もし上記の1年間が異常な年であったとしたら、間違った将来予測を行う可能性もある。よってより正確に上層風の特徴や変化を把握するために複数年の解析を行ない、経年変化(年々変動)の程度を確認しておく必要がある。そこで、本研究では5年間のウインドプロファイラとアメダスの観測データを用いて風配図を年別、季節別、高度別に作成し、静岡の上層風の特徴を調べた。

なお、ウインドプロファイラとは、鉛直方向と東西南北の5方向に発射した電波と、その電波が大気の乱流や降水粒子に散乱され戻ってくる電波の周波数の違いから、上層風の風向・風速を観測するものである(気象研究所;1995、小林隆久;2004)。アメダスとは、日本国内約1300ヶ所に設置されている地上気象観測システムで、全ての場所で降水量、約840ヶ所で気温、風向風速、日照時間、積雪深を観測しているものである。風配図とは、16方位の風向出現頻度をレーダーチャートにしたもので、この研究では、風向別平均風速を表す線を色を変えて付加してある。

II 研究方法

1 研究対象地点

研究対象地点は静岡県静岡市にある気象庁の静岡地方気象台であり、北緯34度58.3分、東経138度24.4分、海拔14.1mに位置する。この気象台は静岡市南部に広がる平野の市街地にあり、海岸まで約5kmである。この平野は北側に標高1000mを越える山脈、南西に標高501mの高草山、東側に標高307mの有度山、216m久能山に囲まれ、南に駿河湾を持つ。平野部の海岸線は東北東から西南西に走行している。

気象庁によれば、静岡の年平均気温は16.3℃、最高・最低気温の極値は38.7℃、-6.8℃、年平均降水量は2321.9mm、最大日降水量の極値は368.0mm、年平均風速は2.2m/sである。駿河湾の影響を受けて気候は温暖で海洋性気候である。

2 研究対象期間

研究対象期間は2003年から2007年の5年間とした。季節区分は春を3、4、5月、夏を6、7、8月、秋を9、10、11月、冬を12、1、2月とした。全てのデータを使用するとデータ数が多く解析に時間がかかりすぎるので、季節の代表をそれぞれの季節の中央の1ヶ月に定め、その月のみを解析した。即ち、春の代表を4月、夏の代表を7月、秋の代表を10月、冬の代表を1月とした。ただし、次節で述べるがそのような省力化が許容されることを2003年6月から2004年5月の連続データで確認した。この確認も気象学的に重要な研究である。

3 使用データと解析方法

(財) 気象業務支援センターが提供している気象庁月報の CD-ROM (気象庁; 2003~2007) から、静岡のウインドプロファイラ (図 1) とアメダスの観測データを使用し、解析を行った。



図 1 静岡地方気象台のウインドプロファイラ

(使用電波の周波数; 1.3GHz。一辺約 5m、高さ 2m の白いフェンスで囲まれた中に一辺約 4.2m の受信部がある。フェンスは付近の地形や建造物に当たって帰ってきた電波を遮断するために設置されている。2008 年 8 月、井出撮影)

ウインドプロファイラのデータは、「気象資料表示プログラム」を用いることで、表示、印刷、コピー等を行うことが出来る。このプログラムを用いて、ウインドプロファイラのデータを CVS 形式で Excel に数値保存した。データの種類は、風向、風速、鉛直速度、S/N 比の 4 つがあり、それらが 10 分間隔で収録されている。今回の解析では海拔高度 408m、704m、999m、1295m、2182m の 10 分間隔の風向、風速を解析対象とした。従って、データ数は 5 年 × (31 日 × 3 ヶ月 + 30 日) × 24 時間 × 6 回 × 6 高度 = 531360 個である。

まず、ウインドプロファイラのデータを年別、季節別、高度別に整理し、Excel に風向、風速の値を貼り付けた。次に、0~360° で表示されている風向データを 16 方位に変換した。16 方位と 0~360° 表示の対応関係については表 1 に示す。観測された風向を 22.5 で割り、それを整数で四捨五入すると 16 方位に変換できる。また、静穏が 0° と表示されるので注意が必要である。16 方位に変換した後、方位別に観測された回数を集計した。このように集計した風向に、1 方位の回数 ÷ (16 方位の回数の合計 + 静穏の回数) を施し、各方位の頻度を算出した。

風速は m/s で表示され、それを 16 方位別に合計した。この合計を各風向方位の回数で割り、各方位の平均風速を算出した。そして、各方位の頻度と各方位の平均風速から風配図を作成した。

ウインドプロファイラは電波の地面反射によるノイズのため、地上の風向、風速を観測することが出来なく、地上のデータが欠ける。そこで、アメダスのデータを使用した。アメダスは風向を 16 方位で示し、風速を m/s で処理している。ウインドプロファイラと同様に、方位別に観測された回数を季節別に集計し、各方位の頻度を算出した。また、風速もウインドプロファイラの時と同様に 16

方位別、季節別で合計し、この合計を各方位の回数を割り、平均風速を求める。そして、各方位の頻度と各方位の平均風速を用いて風配図を作成した。作成した風配図を季節別、高度別に比較し経年変化を調べた。

表 1 16 方位と 360° 方式の対応関係

方位	度 (°)	方位	度 (°)
N	349~11	S	169~191
NNE	12~33	SSW	192~213
NE	34~56	SW	214~236
ENE	57~78	WSW	237~258
E	79~101	W	259~281
ESE	102~123	WNW	282~303
SE	124~146	NW	304~326
SSE	147~168	NNW	327~348

III 解析結果

1 季節 3ヶ月と季節の代表 1ヶ月の比較

季節 3ヶ月を季節の代表 1ヶ月のデータ数で代表できるか確認するために、3ヶ月分のデータと 1ヶ月分のデータを用いて風配図を作成したものを 図 2 ~ 図 9 に示す。中心から N に向った目盛の数字が風向頻度 (%)、中心から S に向った目盛の数字が風速 (m/s) を示す。観測時期は前後するが、図の番号を春、夏、秋、冬の順番に付けた。ただし、6 高度を 2 枚に分けてあるので、2 枚で 1 セットである。同じ高度の左右の風配図の形が似ていることが分かる。より詳しく見るために風向頻度と風向別平均風速の値を季節別高度別に比べ、相関係数を算出した。風向頻度については 表 2 に、風向別平均風速については 表 3 に示す。

(1) 風向頻度の比較

相関係数は $1 \sim -1$ の範囲にあり絶対値が 1 に近いほど相関グラフ上の点は直線的に並ぶ傾向となる。また正の値であれば二つのデータの動きは同じ傾向にある。一般に、相関係数が 0.8 以上であれば、季節 3ヶ月を代表 1ヶ月分ではほぼ代表できるといえるであろう。実際の風向頻度の相関係数 (表 2) はすべて 0.8 以上であり、1ヶ月分で季節をほぼ代表させることが出来ることが確認できた。

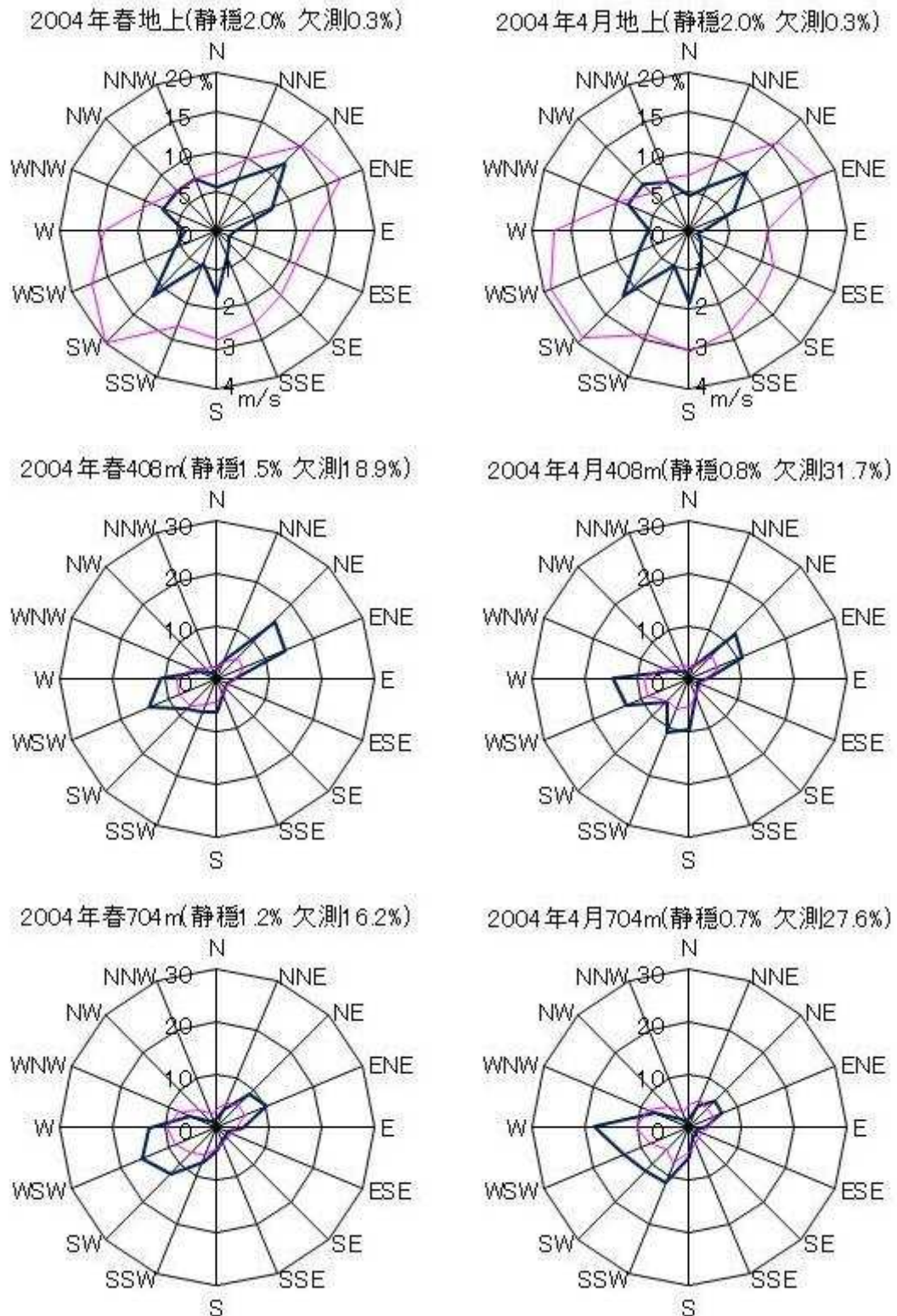


図 2 2004年春と4月の比較 (地上、408m、704m)
[青；風向頻度 (%)、ピンク；風向別平均風速 (m/s)]

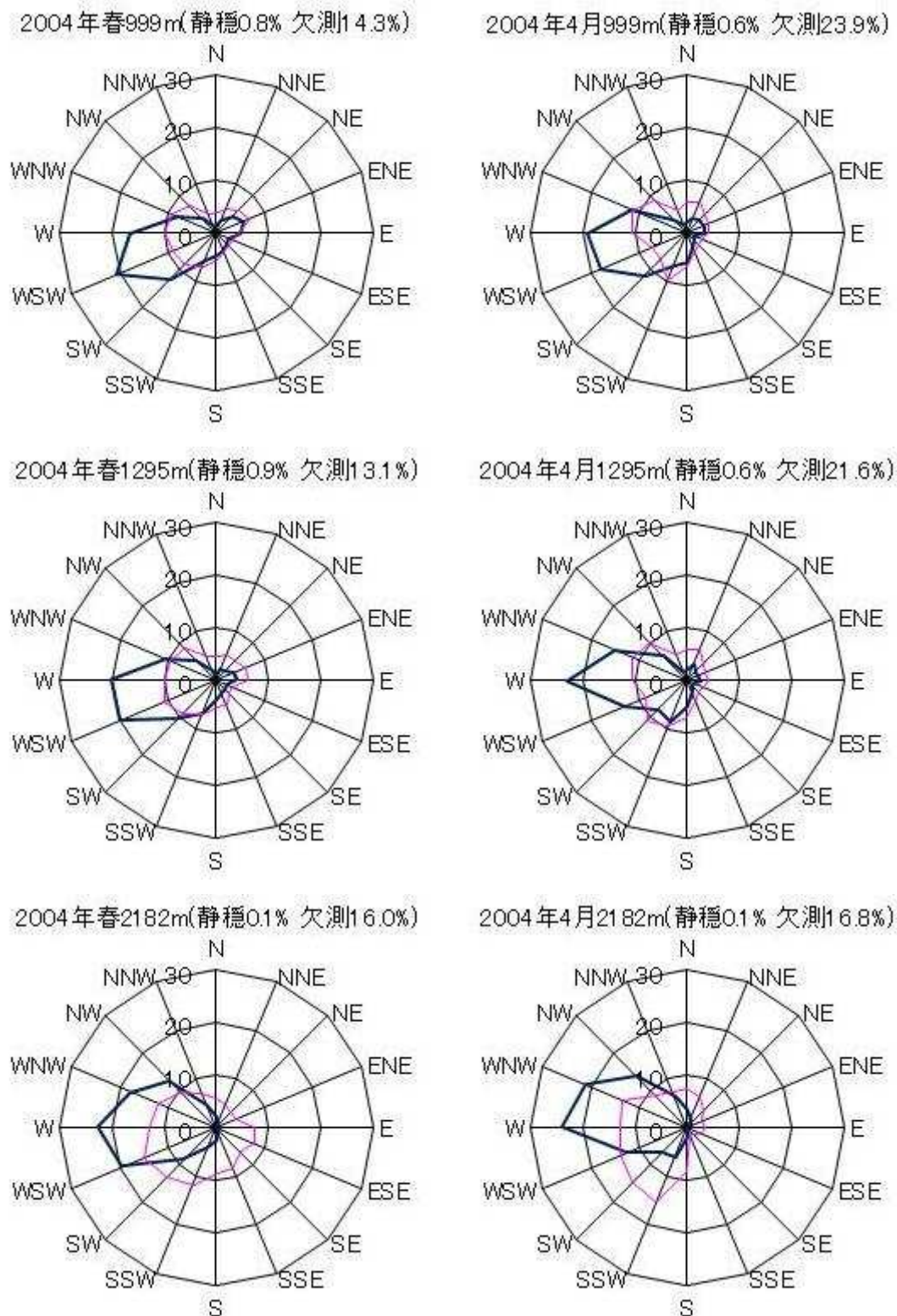


図 3 2004年春と4月の比較(999 m、1295m、2182m)
[青; 風向頻度(%), ピンク; 風向別平均風速(m/s)]

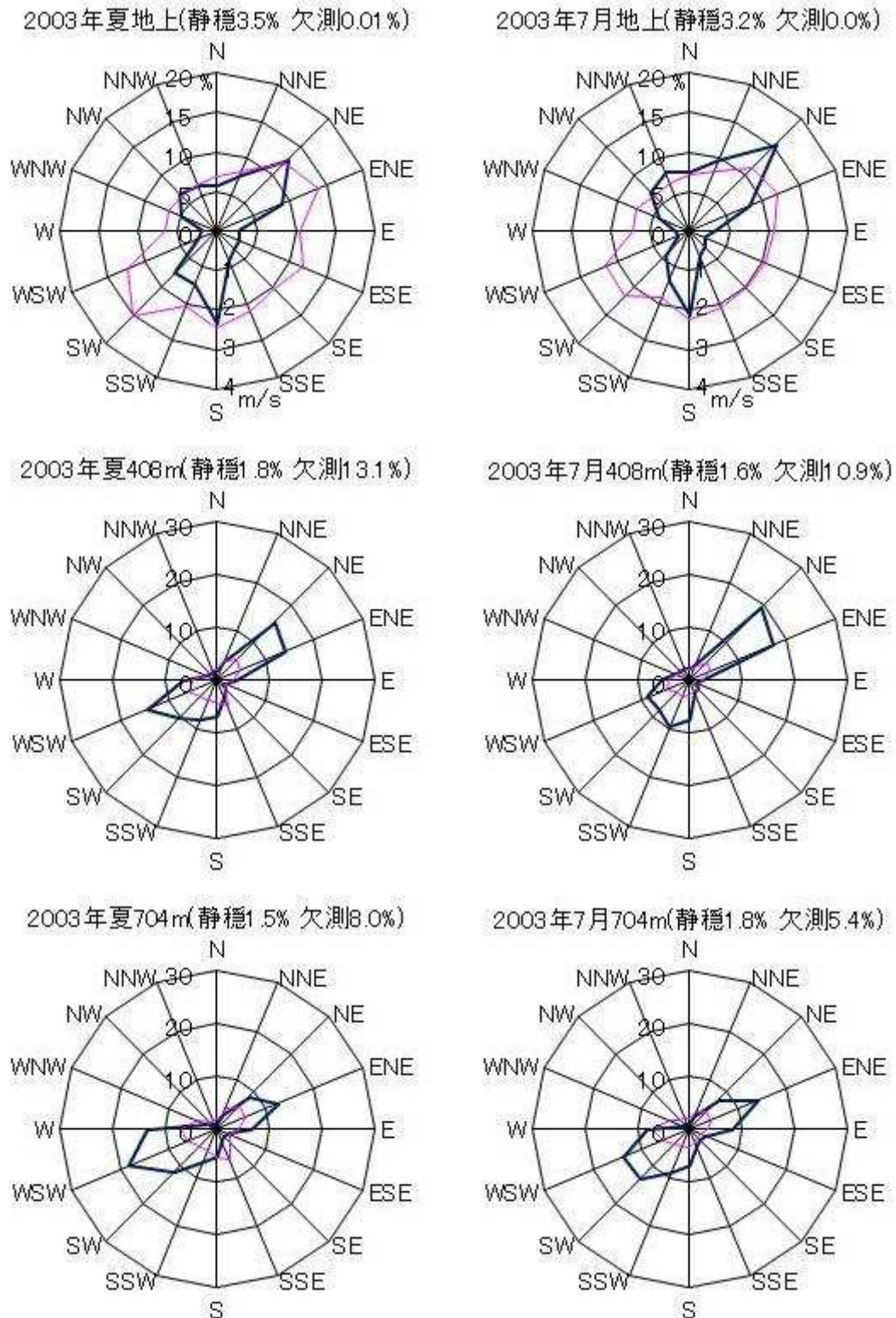


図 4 2003 年夏と 7 月の比較 (地上、408m、704m)
[青；風向頻度 (%)、ピンク；風向別平均風速 (m/s)]

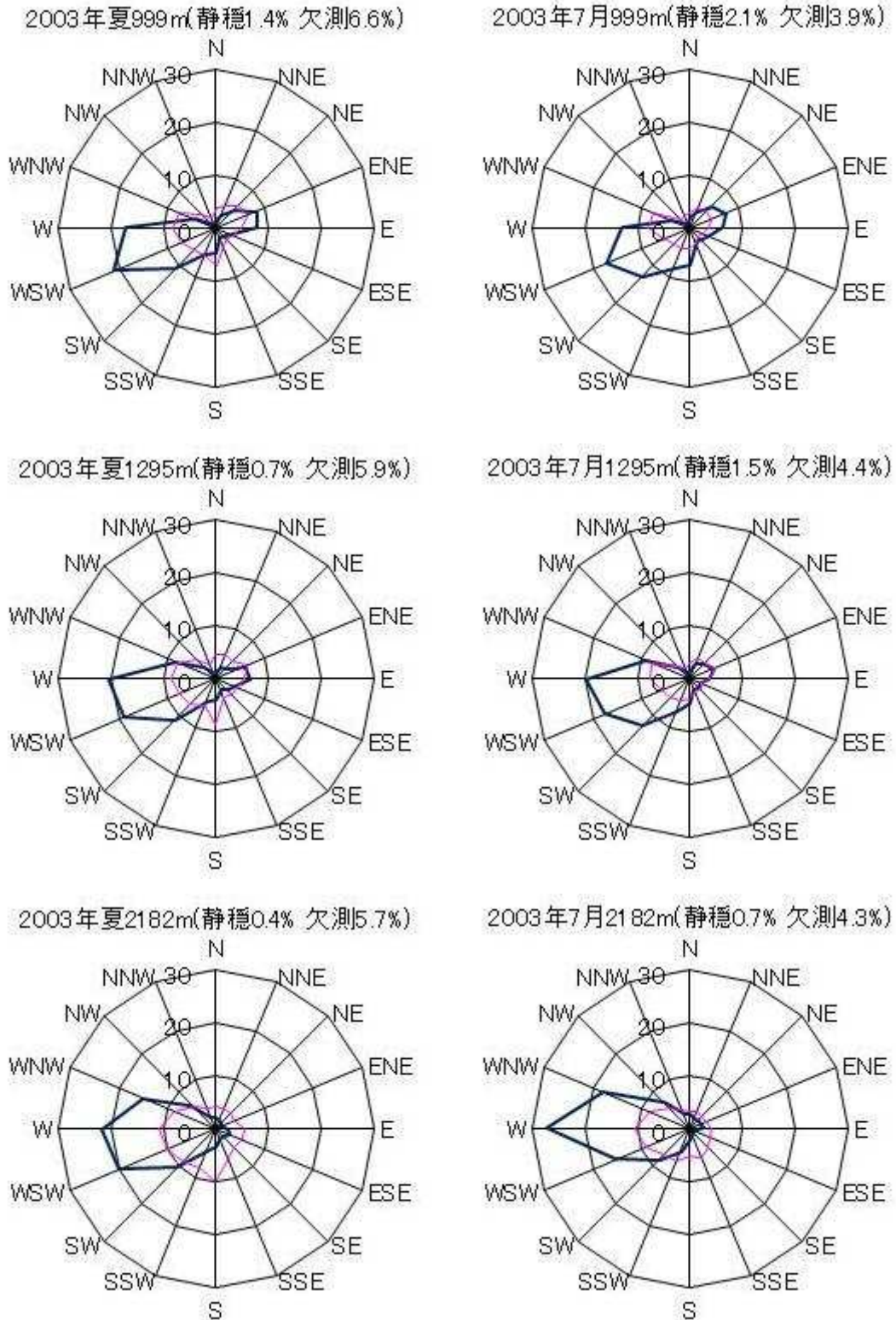


図 5 2003 年夏と 7 月の比較 (999 m、1295m、2182m)
 [青；風向頻度 (%)、ピンク；風向別平均風速 (m/s)]

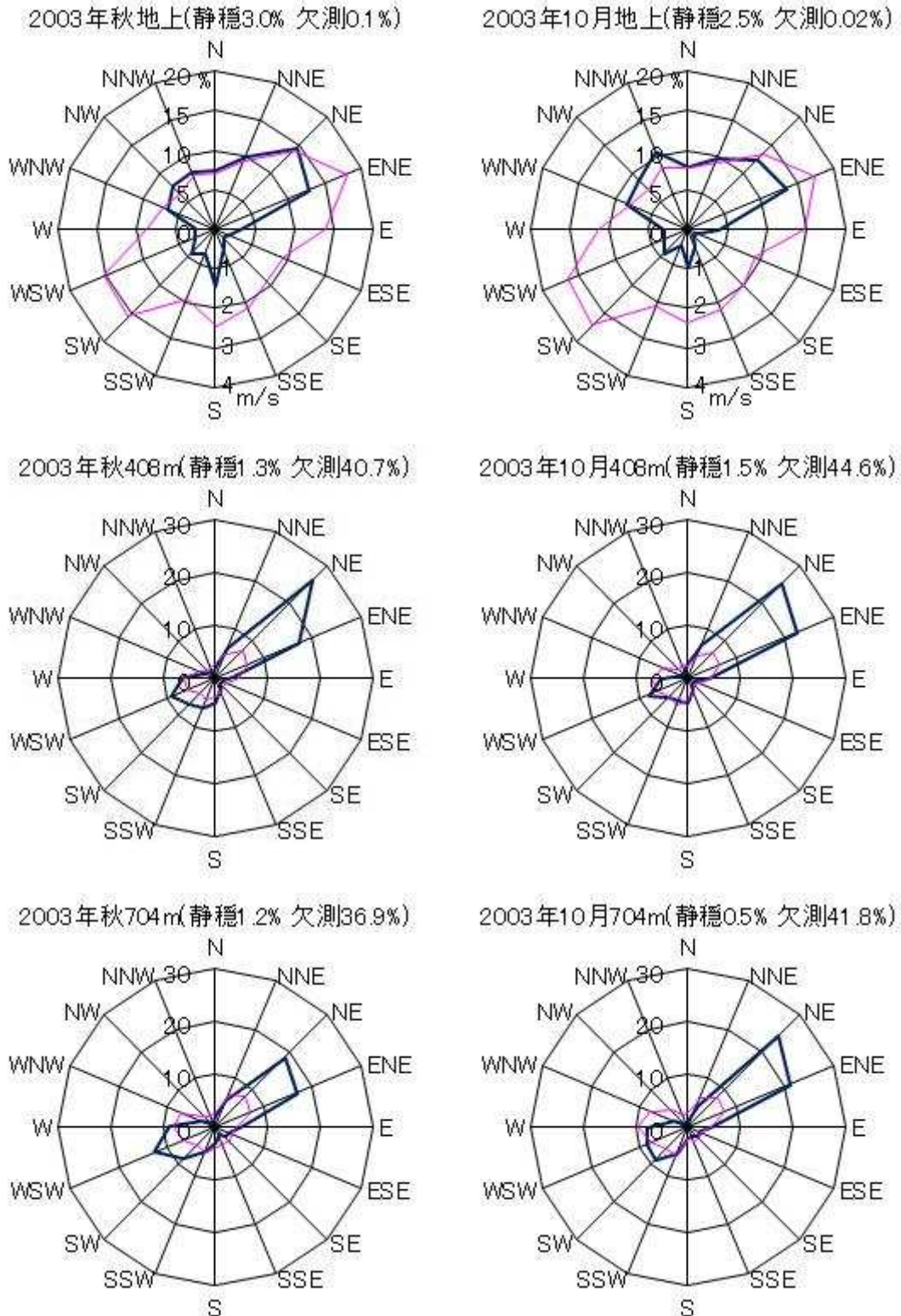


図 6 2003 年秋と 10 月の比較 (地上、408m、704m)
[青；風向頻度 (%)、ピンク；風向別平均風速 (m/s)]

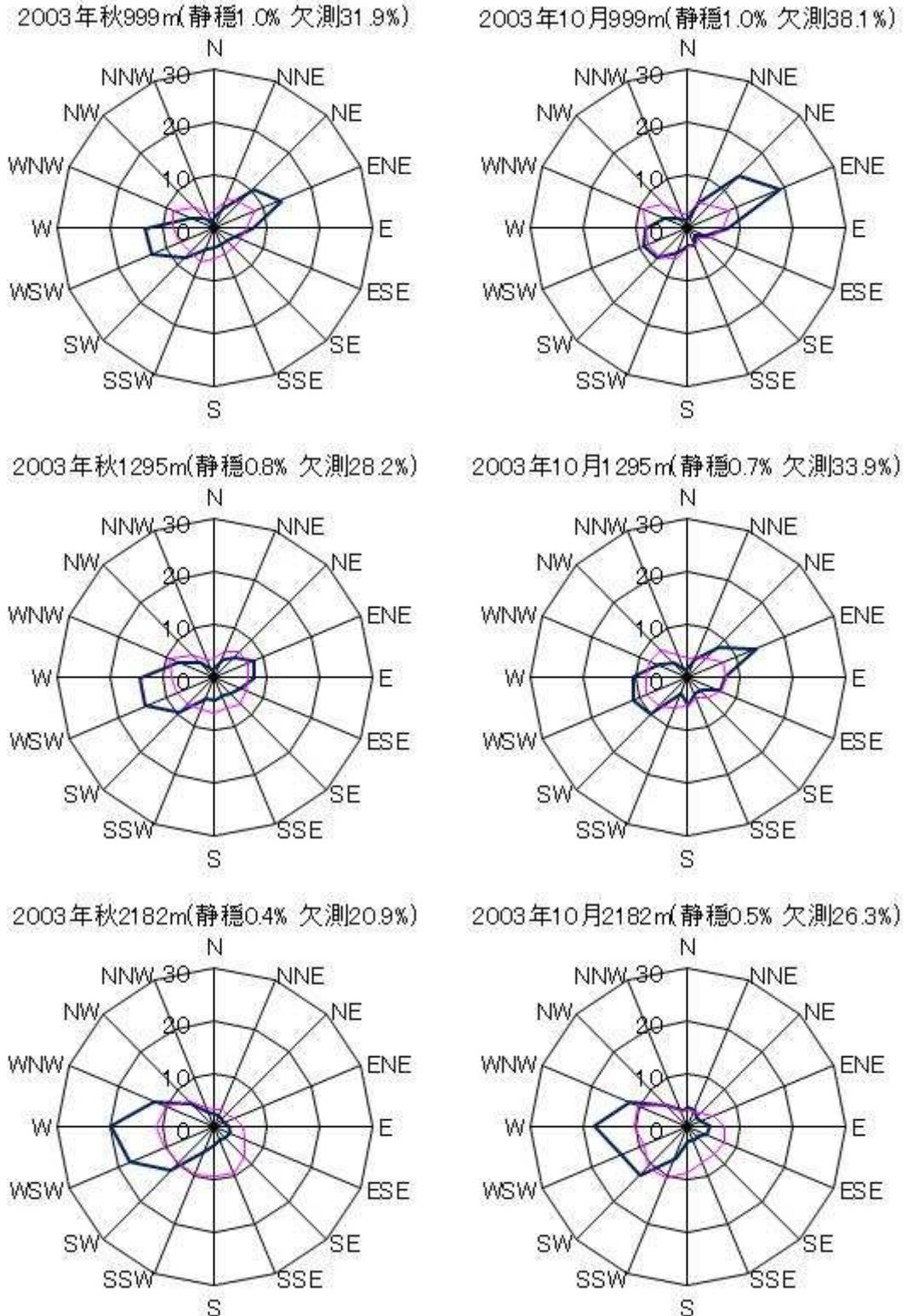


図 7 2003 年秋と 10 月の比較 (999 m、1295m、2182m)
 [青；風向頻度 (%)、ピンク；風向別平均風速 (m/s)]

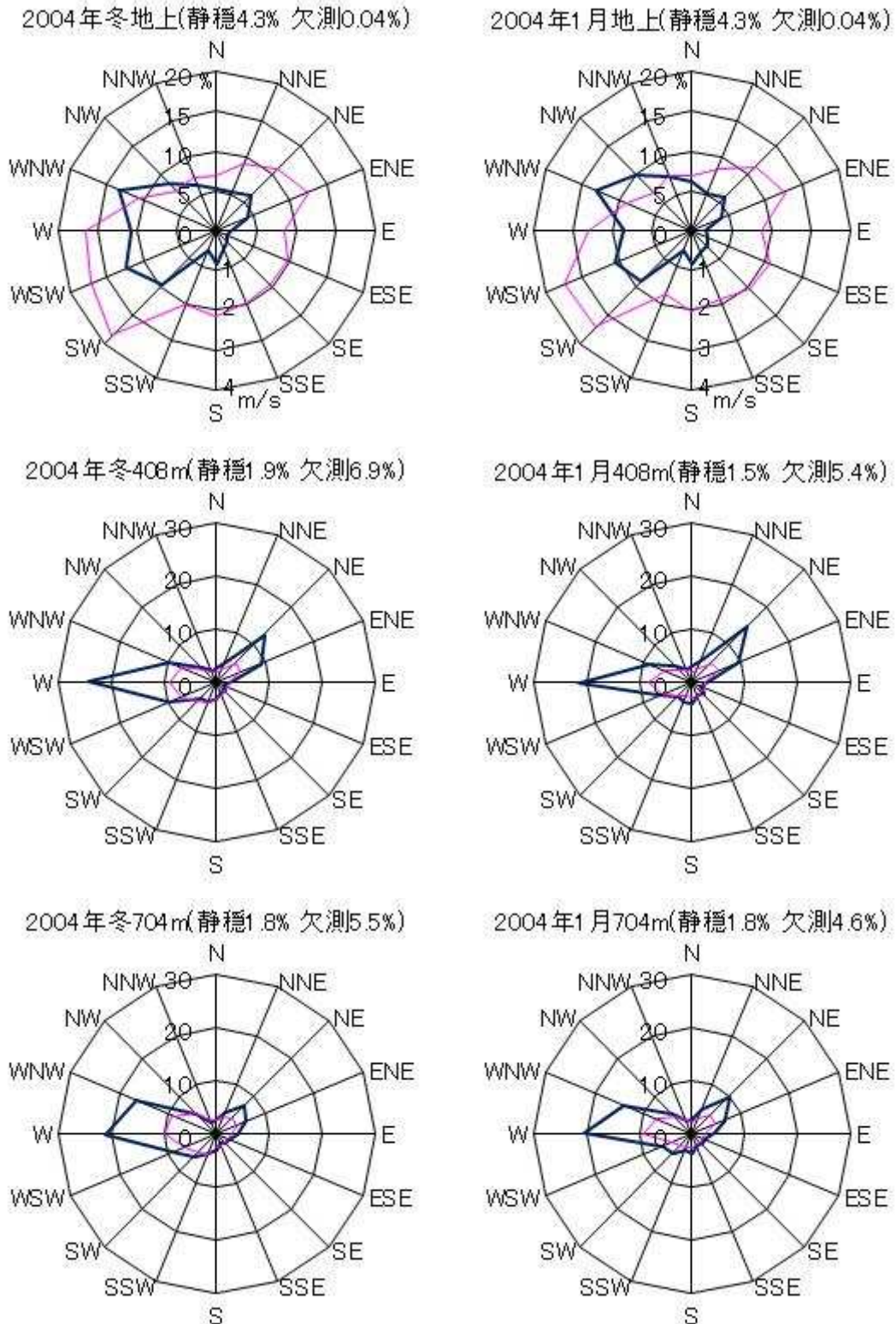


図 8 2004年冬と1月の比較(地上、408m、704m)
[青; 風向頻度(%), ピンク; 風向別平均風速(m/s)]

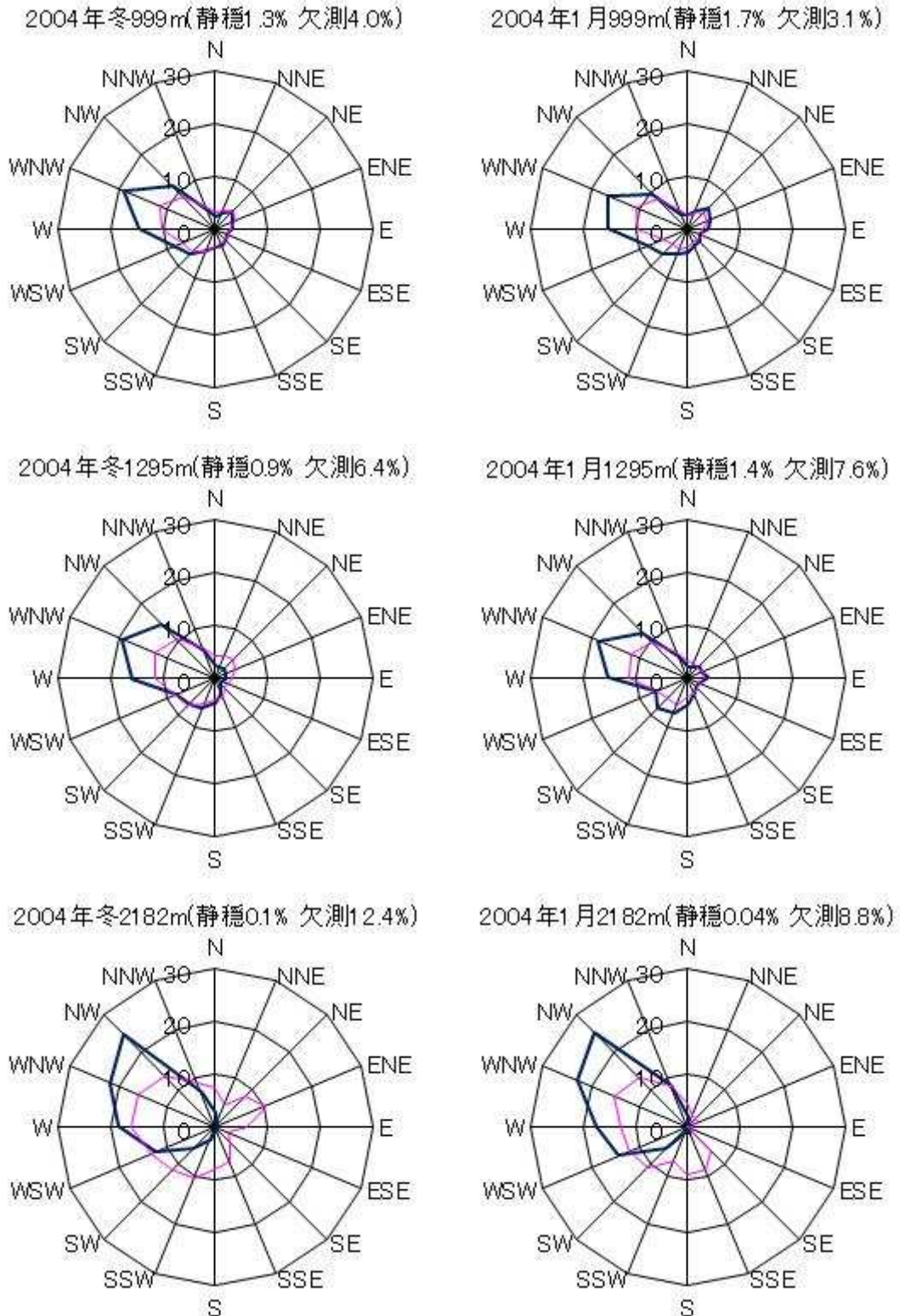


図9 2004年冬と1月の比較(999 m、1295m、2182m)
[青; 風向頻度(%), ピンク; 風向別平均風速(m/s)]

(2) 風向別平均風速の比較

相関係数が風向頻度に比べるとやや低くなっているが、1 ケース以外は 0.8 以上である (表 3)。相関係数が一番低かった秋の 1295m についてはもう少し詳しく見るために相関図 (図 10) を作成し、一番高かった冬の 999m と比較してみた。その結果、秋の 1295m 相関図にみられる 1 対 1 の線から少し離れている点は冬の 999m と比べて見ても、極端に悪いものではないので、風向別平均風速についても 1 ヶ月分で季節をほぼ代表できることが確認された。

表 2 風向頻度の相関係数(季節を表す 3 ヶ月とその中央 1 ヶ月との比較)

	春	夏	秋	冬
地上	0.95	0.92	0.95	0.97
408m	0.90	0.92	0.98	0.98
704m	0.90	0.92	0.96	0.97
999m	0.96	0.95	0.85	0.98
1295m	0.91	0.98	0.83	0.98
2182m	0.96	0.96	0.98	1.00

表 3 風向別平均風速の相関係数(季節を表す 3 ヶ月とその中央 1 ヶ月との比較)

	春	夏	秋	冬
地上	0.97	0.97	0.97	0.95
408m	0.95	0.82	0.94	0.96
704m	0.94	0.78	0.92	0.94
999m	0.83	0.88	0.85	0.98
1295m	0.86	0.81	0.73	0.97
2182m	0.81	0.87	0.93	0.82

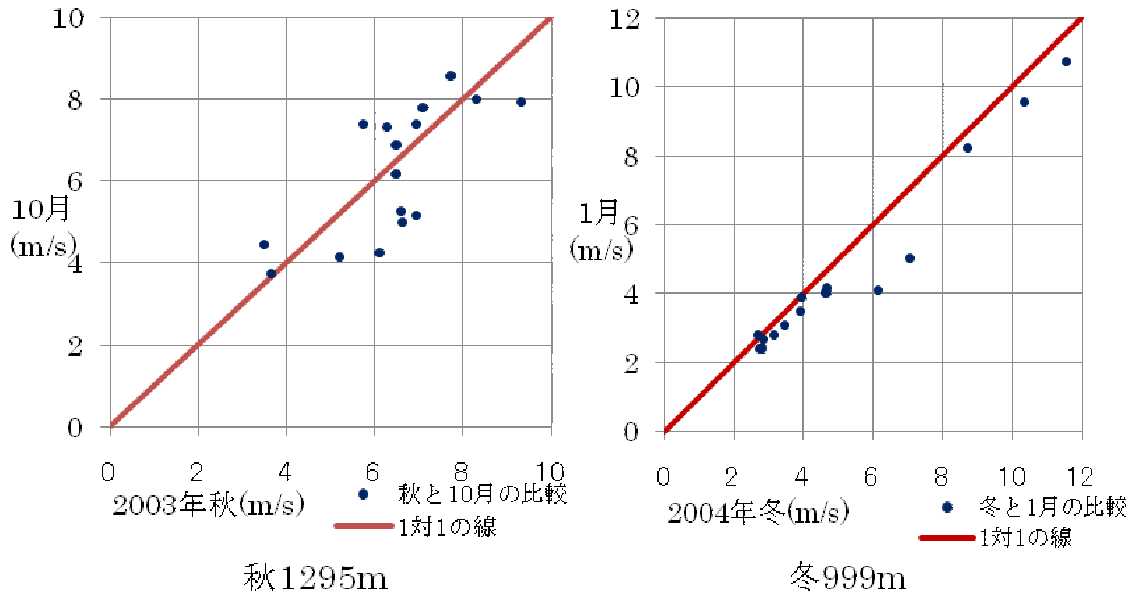


図 10 風向別平均風速の相関図

2 静岡の地上風、上層風の特徴と経年変化

(1) 高度別風向頻度の経年変化

高度別の風向頻度の経年変化を見るために、季節ごとに風配図を 図 11 ~ 図 34 に示す。

1) 春

地上の風向頻度傾向は曖昧であるが、408m と 704m は北東寄りと西南西寄りの風が多くなる。999m 以上は西寄りの風になる。

・地上 (図 11):卓越風向は年によって違いがある。北東、南、南西、西北西、北西方向に飛び出た星型の形になっている。2006 年は北寄りの風が多く、南西方向の風が少なくなって他の年と違う形になっているが、他の気象データからは違いが見られないので、2006 年が特別な年であったとは考えにくい。よって、5 年間で大きな変化はなかったと言える。

・408m (図 12):北東、東北東方向と南から西にかけての 2 方向に風向頻度が多くなる。この傾向はこの 5 年間変わっていない。

・704m (図 13):北東、東北東方向と南から西にかけての 2 方向に風向頻度が多くなる。408m より西寄りの風が多くなる。この傾向は 5 年間に変化はない。

・999m (図 14):卓越風向は西南西か西に限定される。南西から西北西の出現頻度がおおくなっている。それまで見られていた北東の風はあまり見られなくなる。この 5 年間に大きな変化はなかった。

・1295m (図 15):卓越風向は西である。西南西から西北西に集中して出現している。5 年間に変化はなかった。

・2182m (図 16):卓越風向はほぼ西である。西南西から北西に頻度が多く、この 4 方位の合計頻度は 60% を超える。この傾向は 5 年間変化していない。

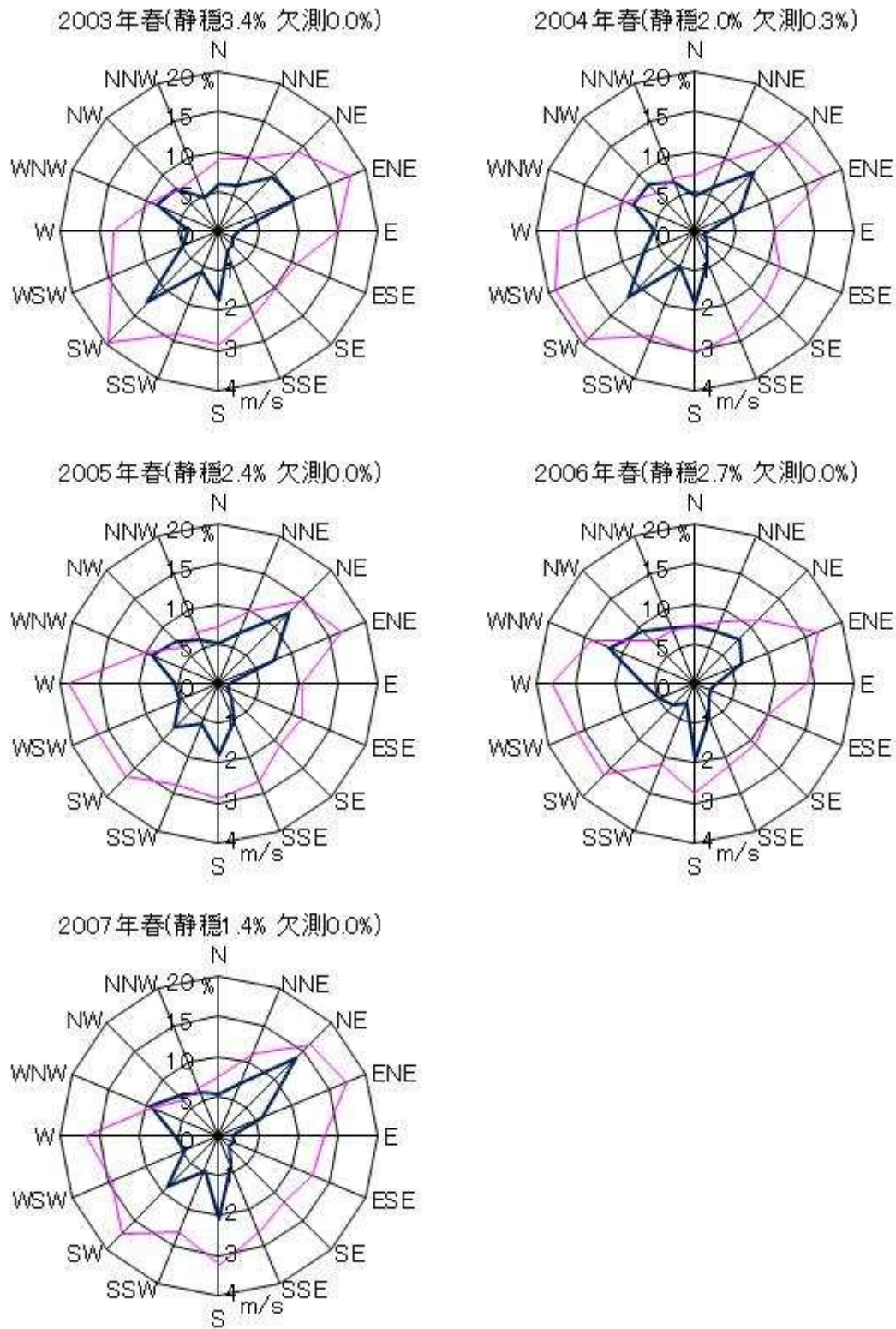


図 11 地上の風配図(春) [青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

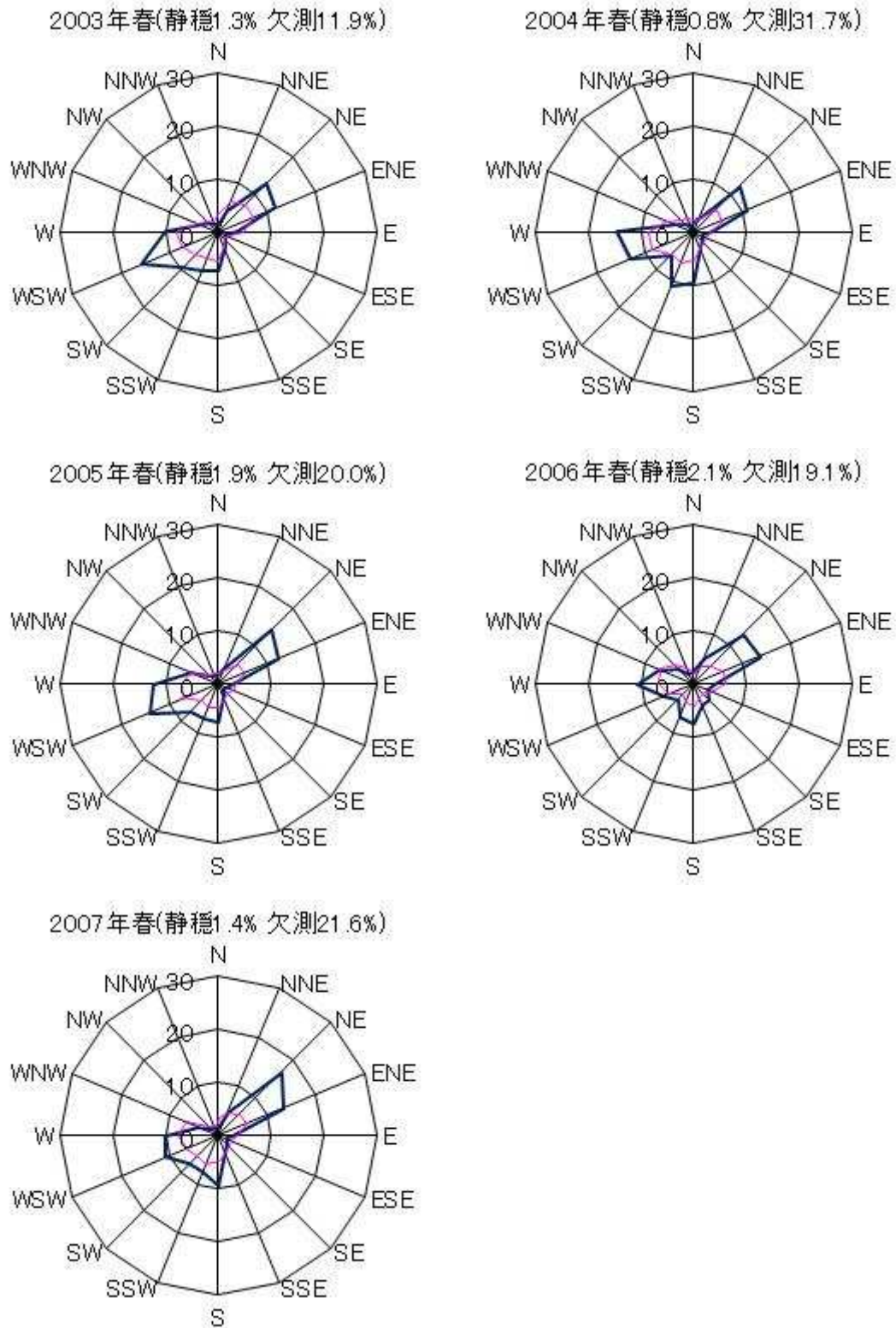


図 12 408 mの風配図(春) [青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

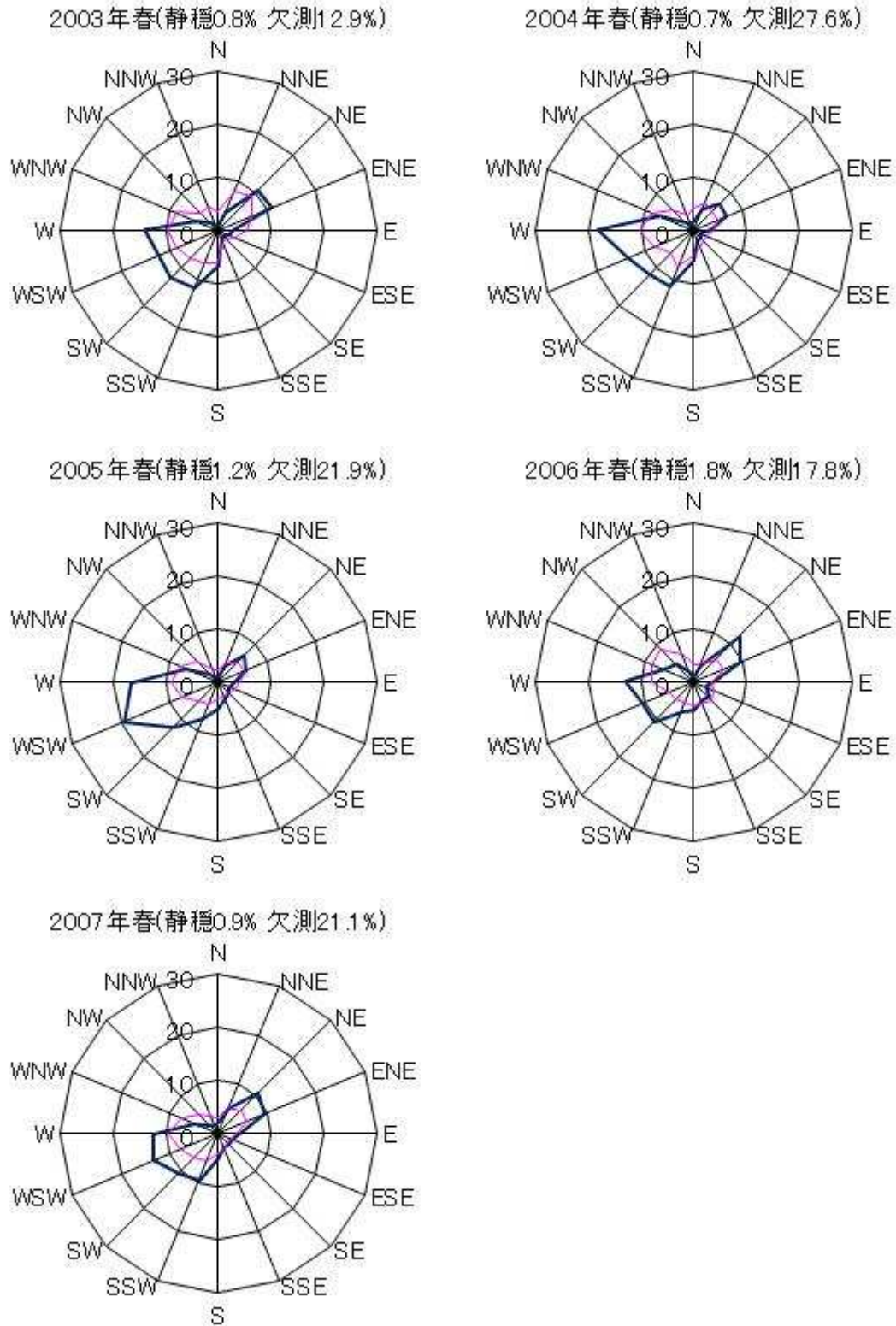


図 13 704 mの風配図(春)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

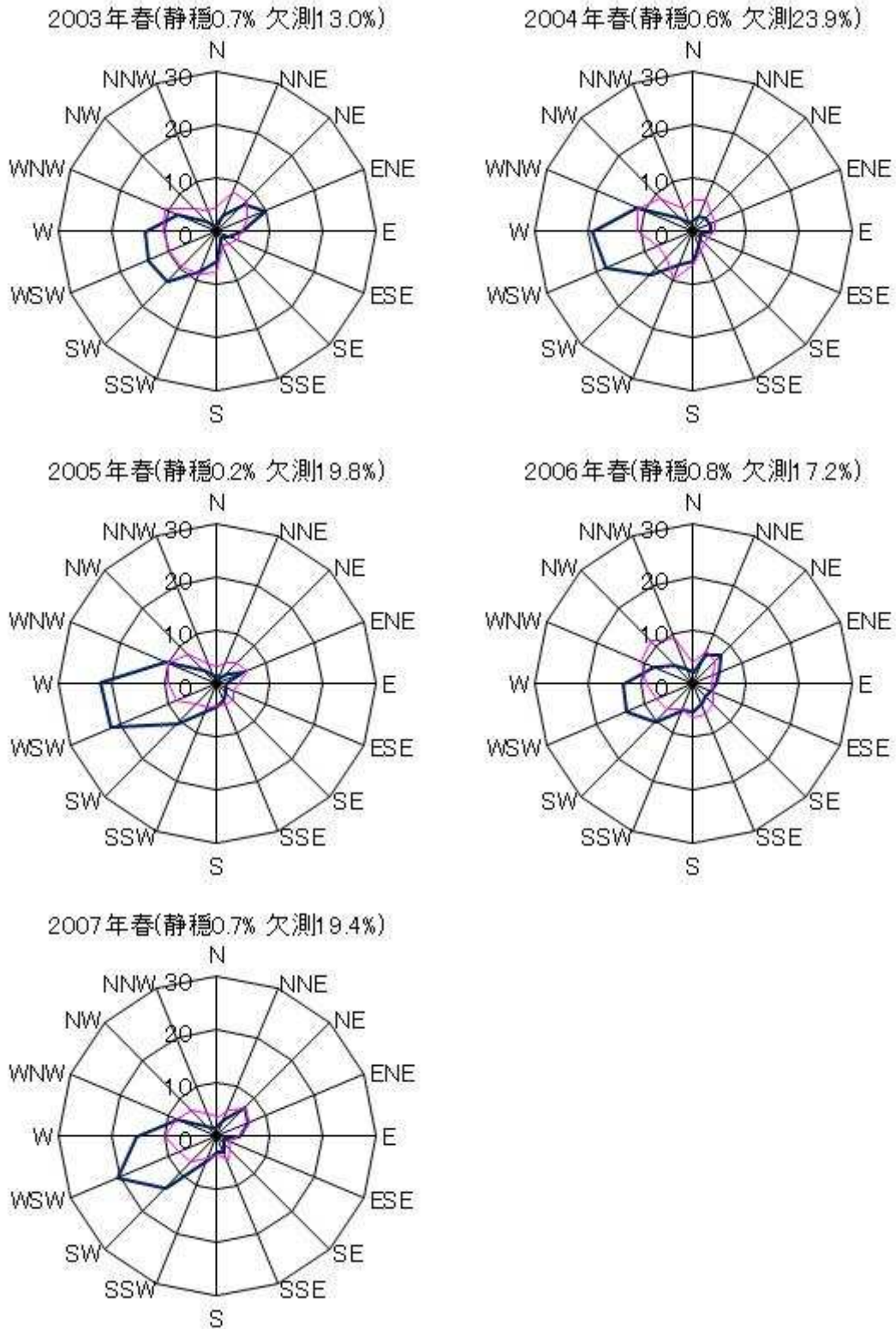


図 14 999 mの風配図(春)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

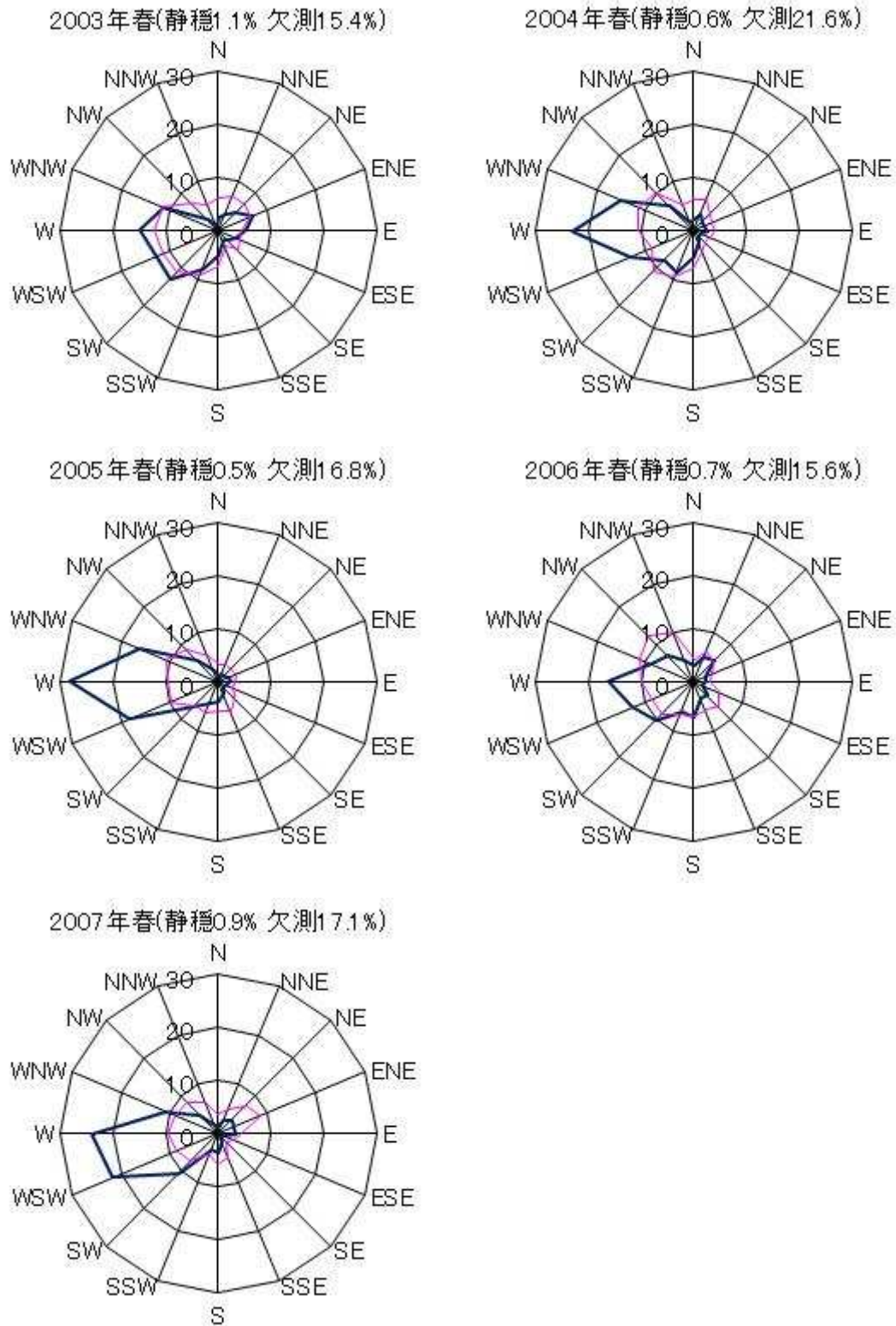


図 15 1295 mの風配図(春)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

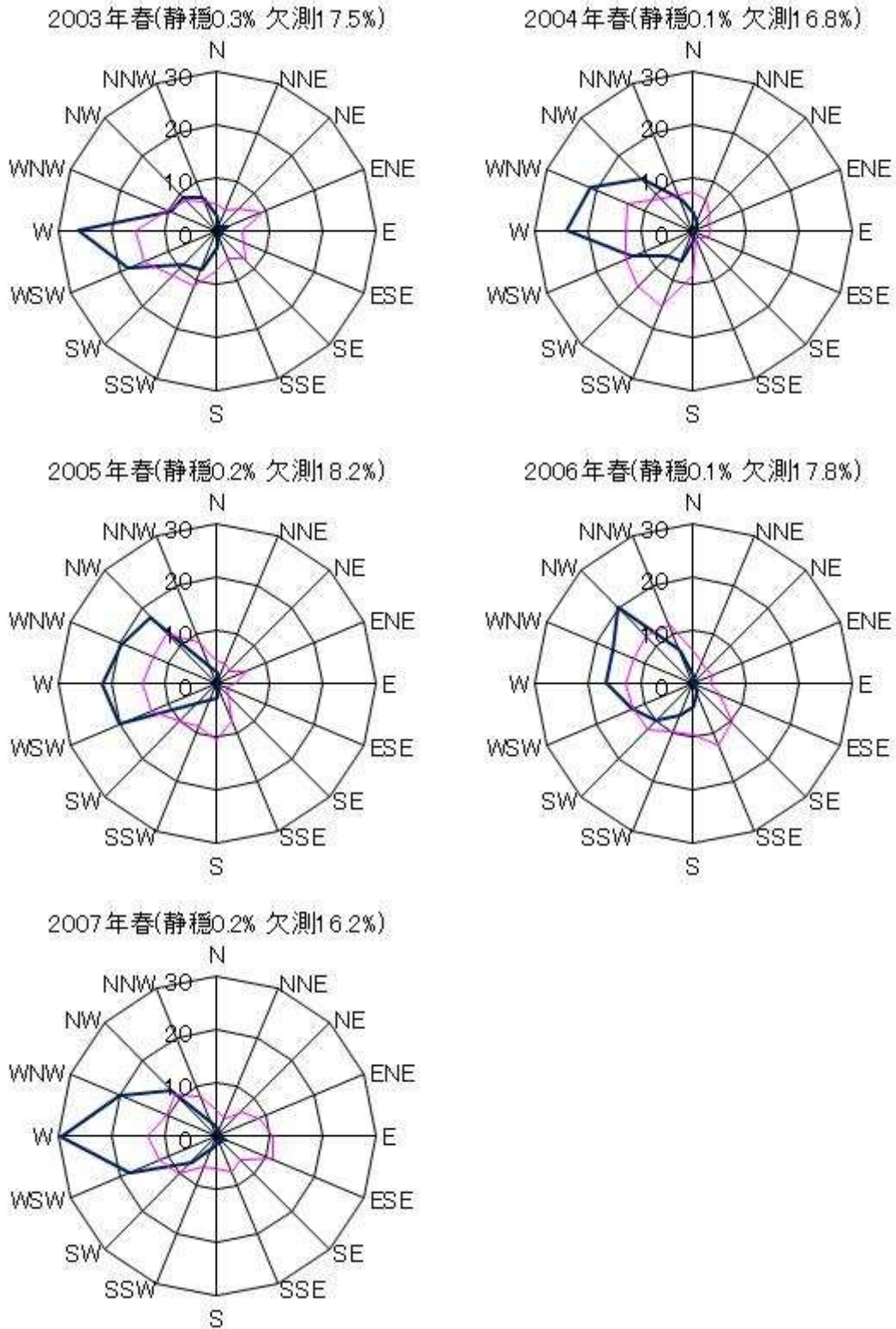


図 16 2182 mの風配図(春)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

2) 夏

地上は北東寄りと南寄りの風が多い。408m と 704m は北東寄りと南西寄りの風が多くなり、999m 以上は西寄りとなる。

・地上 (図 17):北東と南に卓越している。年によって違いはあるが、北北東や東北東、南西や北西寄りの風も見られるが、大きな変化は見られなかった。

・408m (図 18):北東寄りと南南西から西の風が多くなっている。卓越風向は北東寄りと言える。2006 年には西南西に卓越しているという違いはあるが、出現の多い風向に変化はない。

・704m (図 19):北東寄りと南西から西の風が多い。出現が多い風向は 408m に似ているが 408m より西寄りの風が多くなり、西南西と西に卓越している。この傾向はこの 5 年間変わっていない。

・999m (図 20):西寄りに卓越している。南西から西北西の風が多い。この傾向に変化は見られなかった。

・1295m (図 21):卓越風向は西である。南西から西北西の風が多いのは、999m と同じであるが、999m よりこの 4 方位の頻度が多くなっている。これは 5 年間、変化はない。

・2182m (図 22):卓越風向は西である。西南西から西北西の風が多い。2004 年は出現の多い風向が少し北に寄っているが、大きな変化とは言いにくいので、この 5 年間で変化していない。

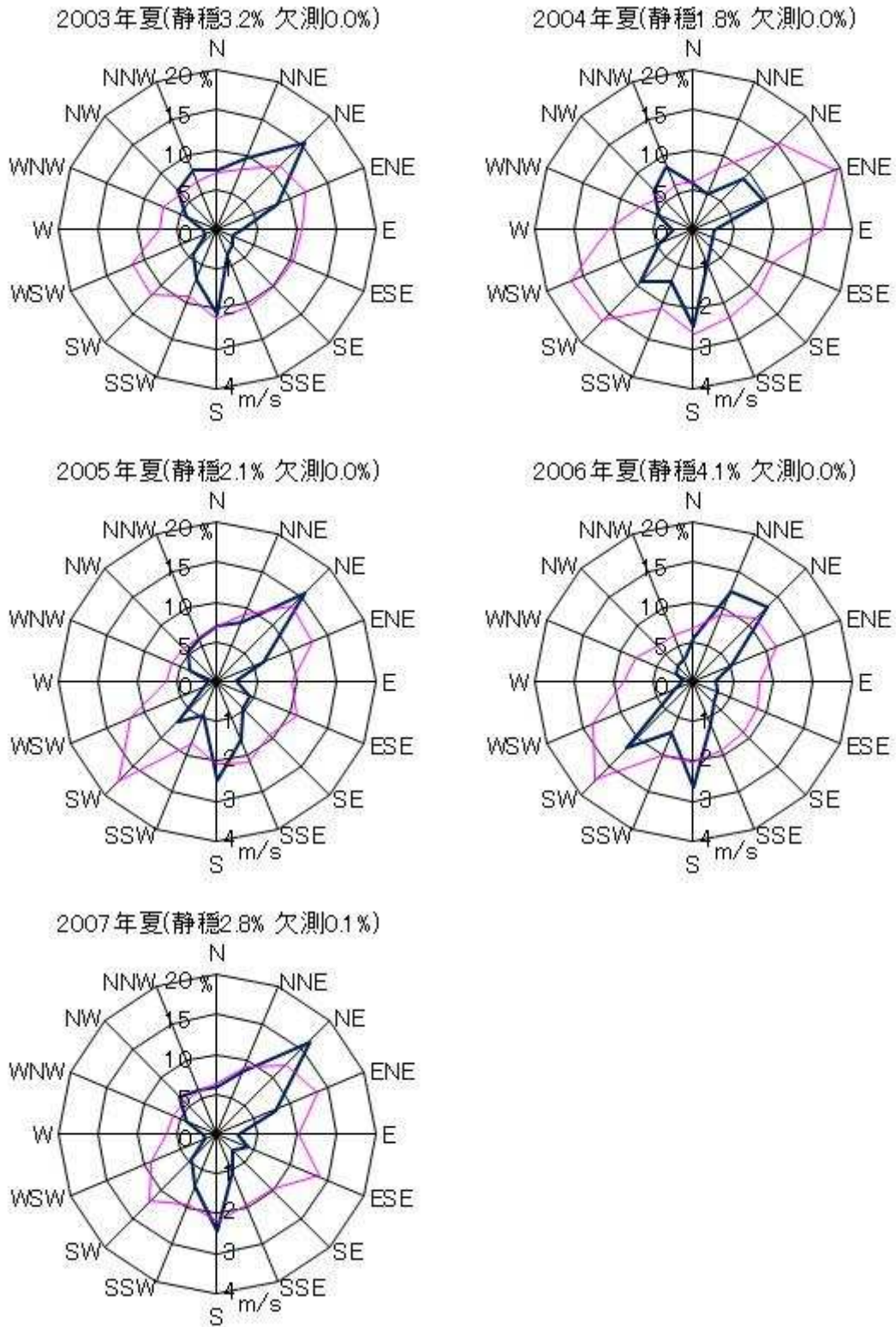


図 17 地上の風配図(夏)[青; 風向頻度(%), ピンク; 風向別平均風速(m/s)]

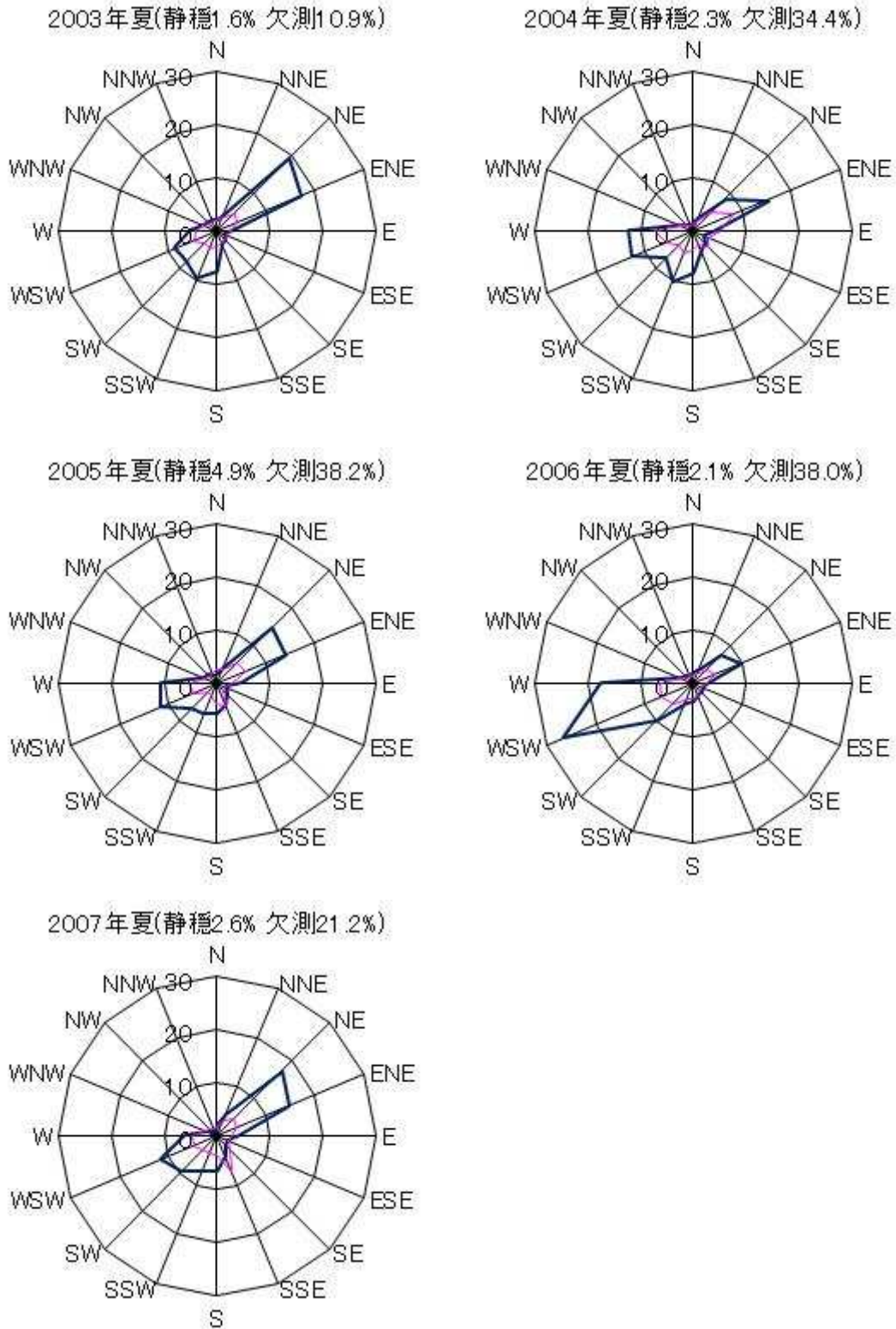


図 18 408 mの風配図(夏)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

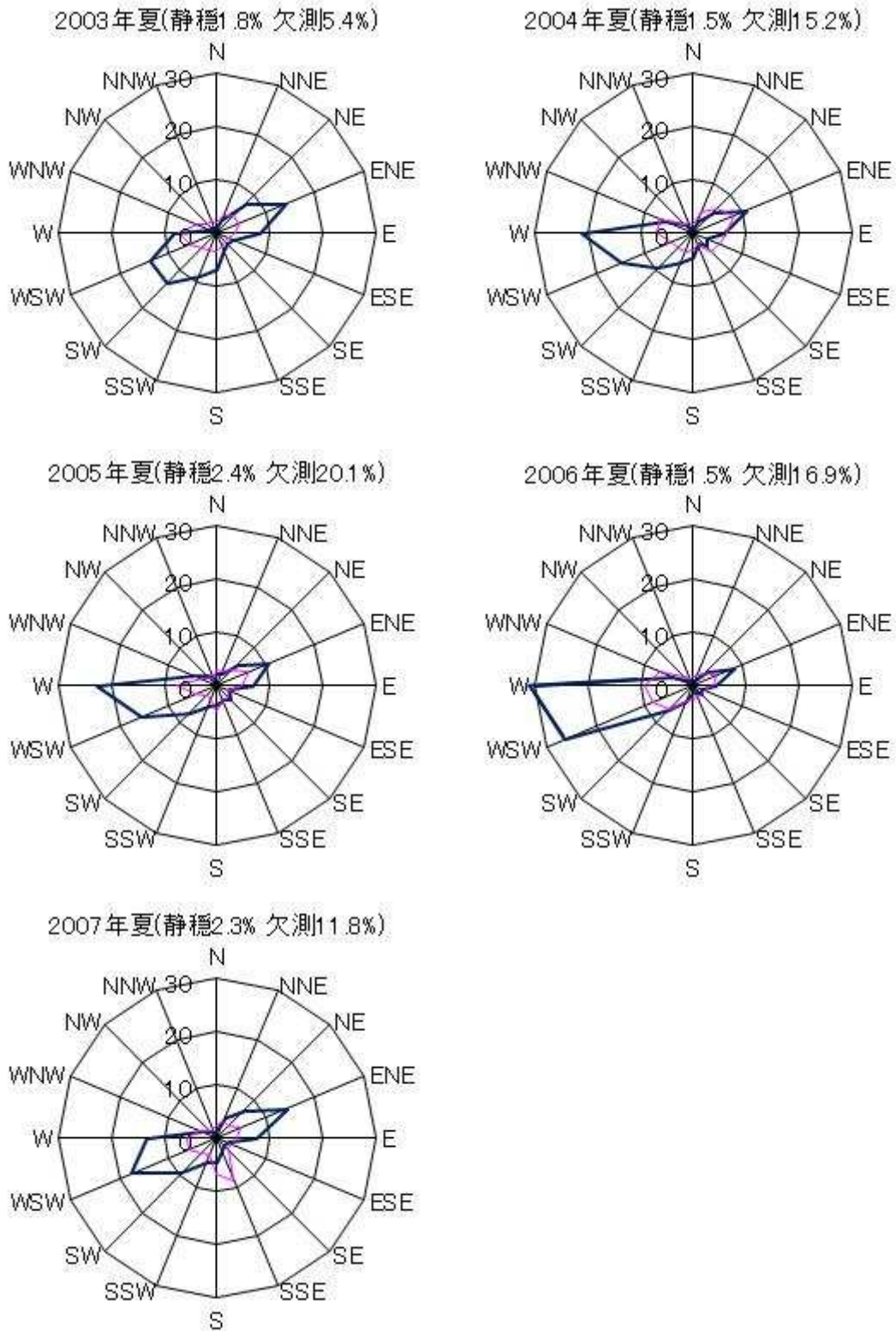


図 19 704 mの風配図(夏)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

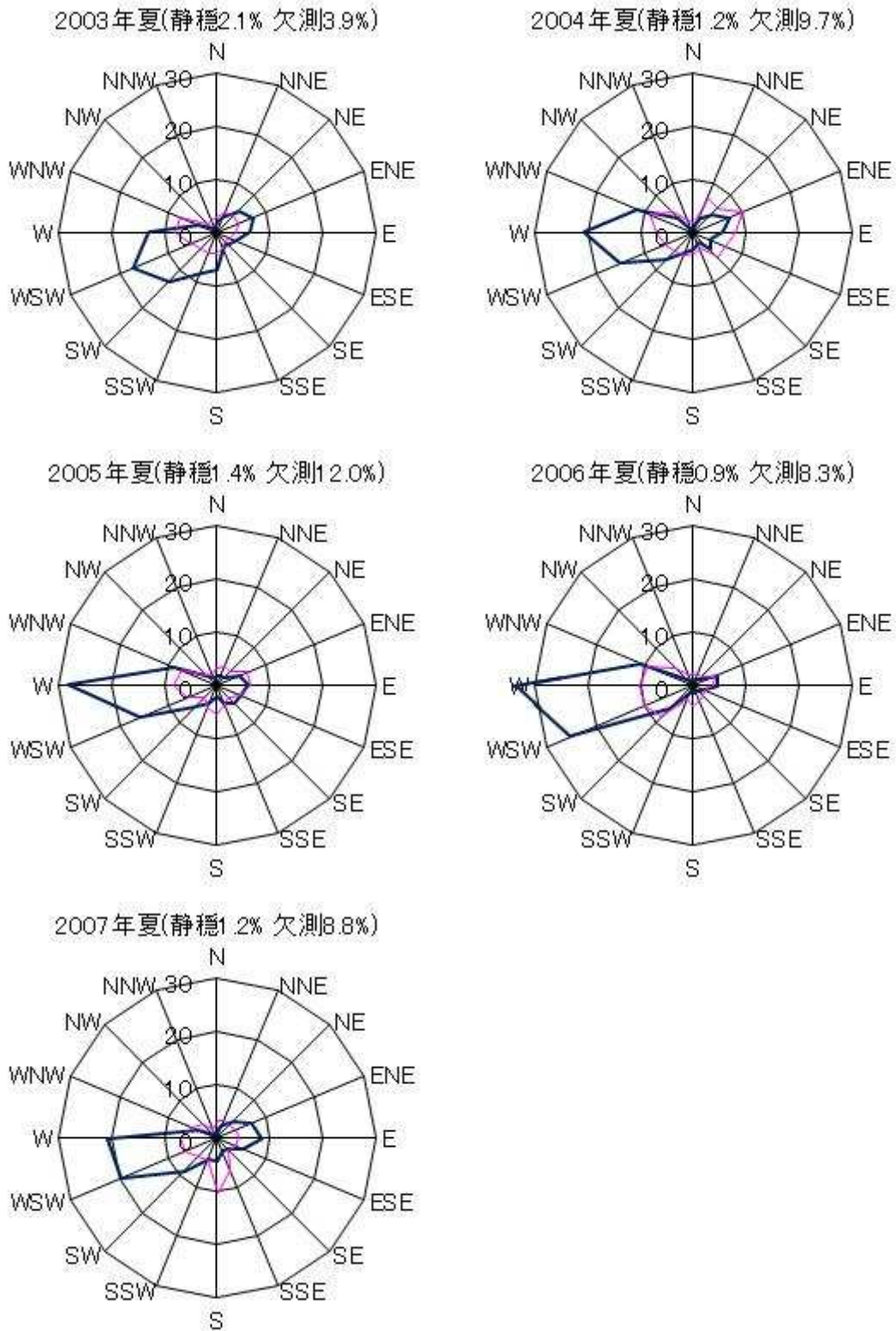


図 20 999 mの風配図(夏)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

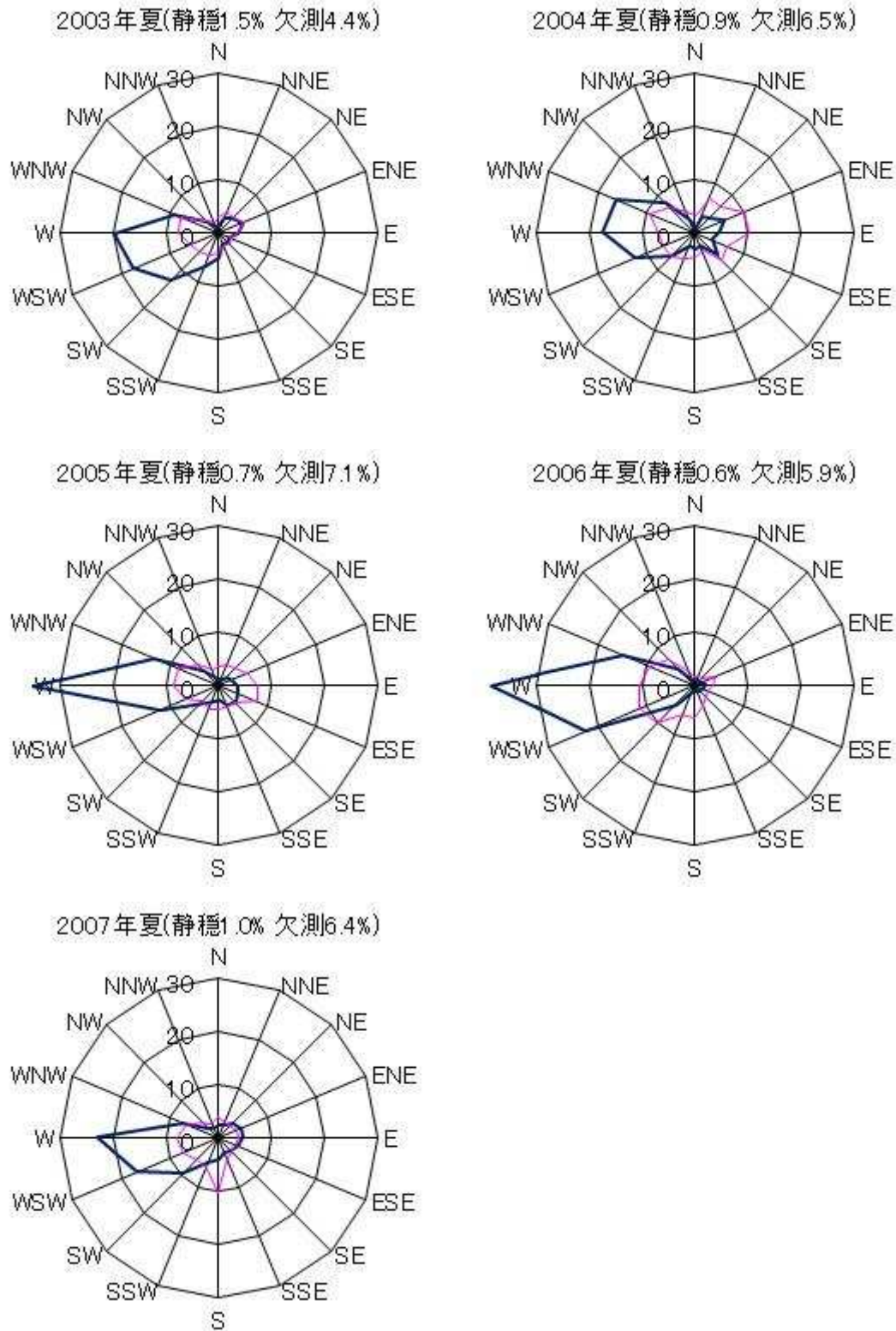


図 21 1295 mの風配図(夏)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

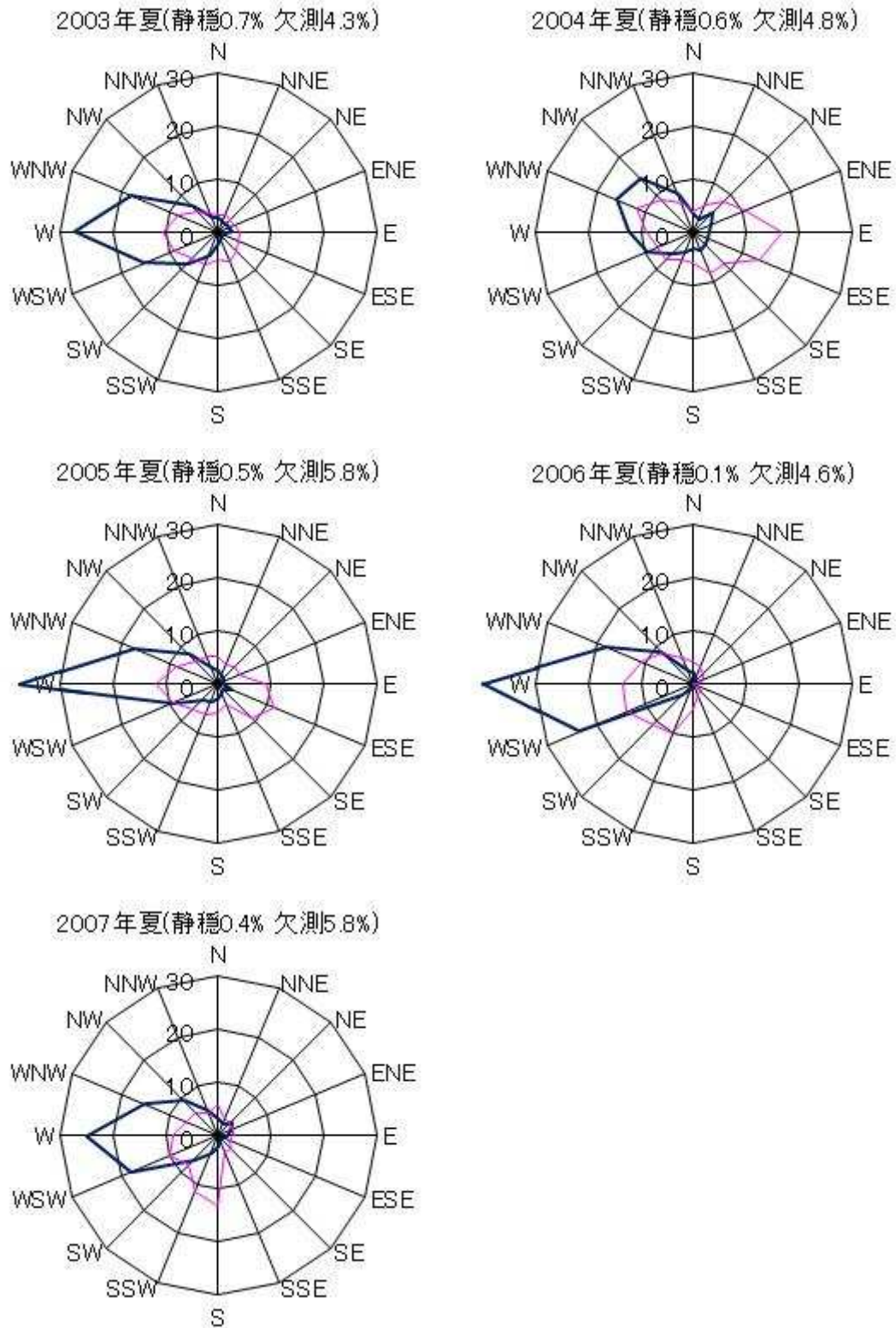


図 22 2182 mの風配図(夏)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

3) 秋

地上は北寄り、408m と 704m と 999m は北東と東北東が多く、1295m と 2182m は西寄りの風が増えてくる。

・地上 (図 23): 卓越風向は北東である年が多いが、西北西から東北東にかけてまんべんなく出現しているため明確な卓越風向は見られない。この傾向に変化はない。

・408m (図 24): 卓越風向は北東である。東北東も多く、北東と合わせた合計頻度は 40% を超え、他の季節の同じ高度の北東と東北東の合計頻度より 10% 近く高くなっている。この傾向は変わっていない。

・704m (図 25): 卓越風向は北東で、東北東も多い。408m より西寄りの風が多くなってきている。5 年間で変化は見られなかった。

・999m (図 26): 東北東に卓越している。西寄りの風が増えてきているが北東と東北東の頻度が依然として高い。大きな変化は見られなかった。

・1295m (図 27): 西寄りの風が多くなり、東寄りと西寄りに風向頻度が多い。この 5 年間で大きな変化はなかった。

・2182m (図 28): 西寄りの風が増え、東寄りの風がほとんど見られなくなった。卓越風向は年によって違い明確には言えないが、西寄りに集中している。風配図の形に違いはあるが、地上の気象データに違いはほとんど見られないので、大きな変化ではないと言える。

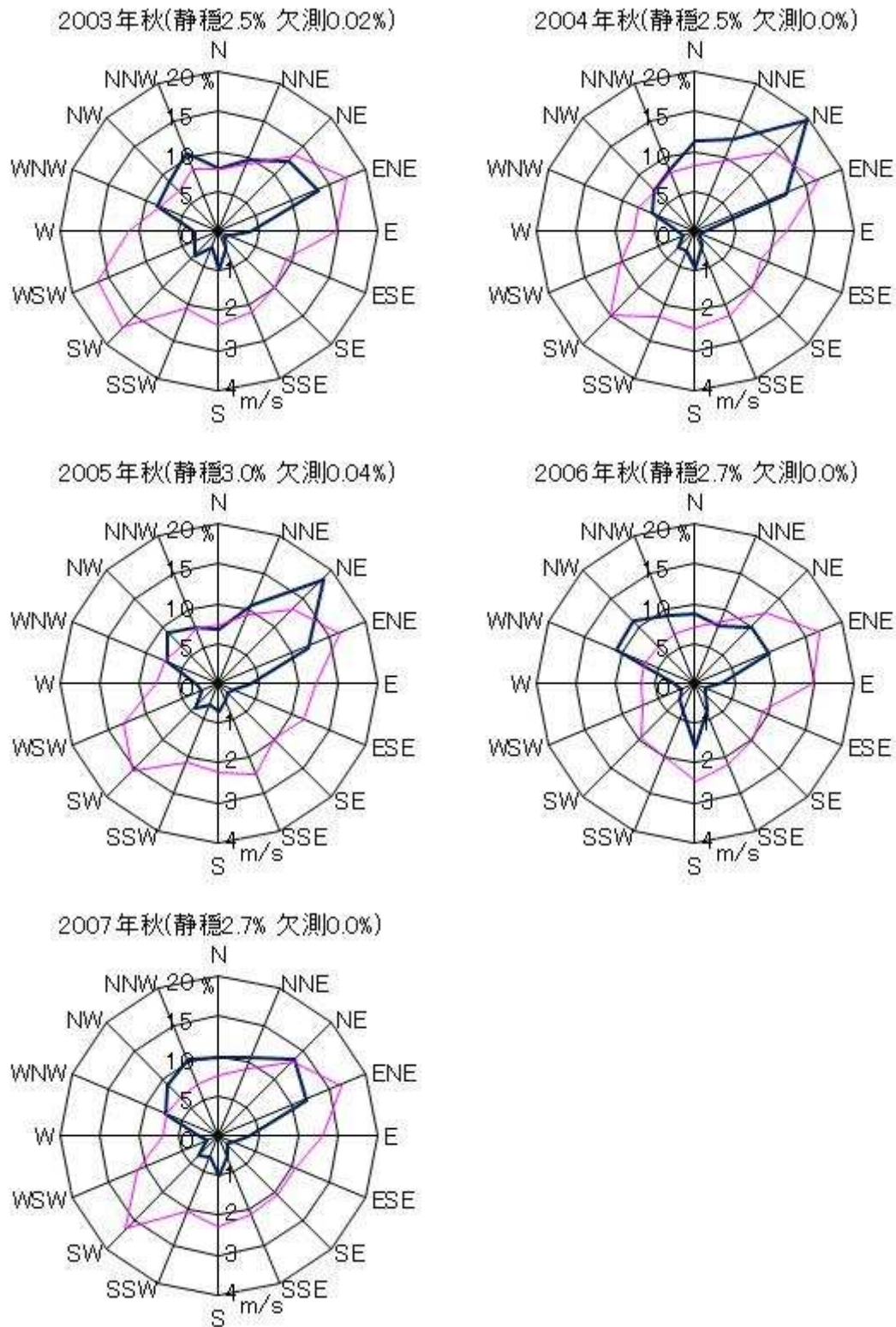


図 23 地上の風配図(秋)[青; 風向頻度(%), ピンク; 風向別平均風速(m/s)]

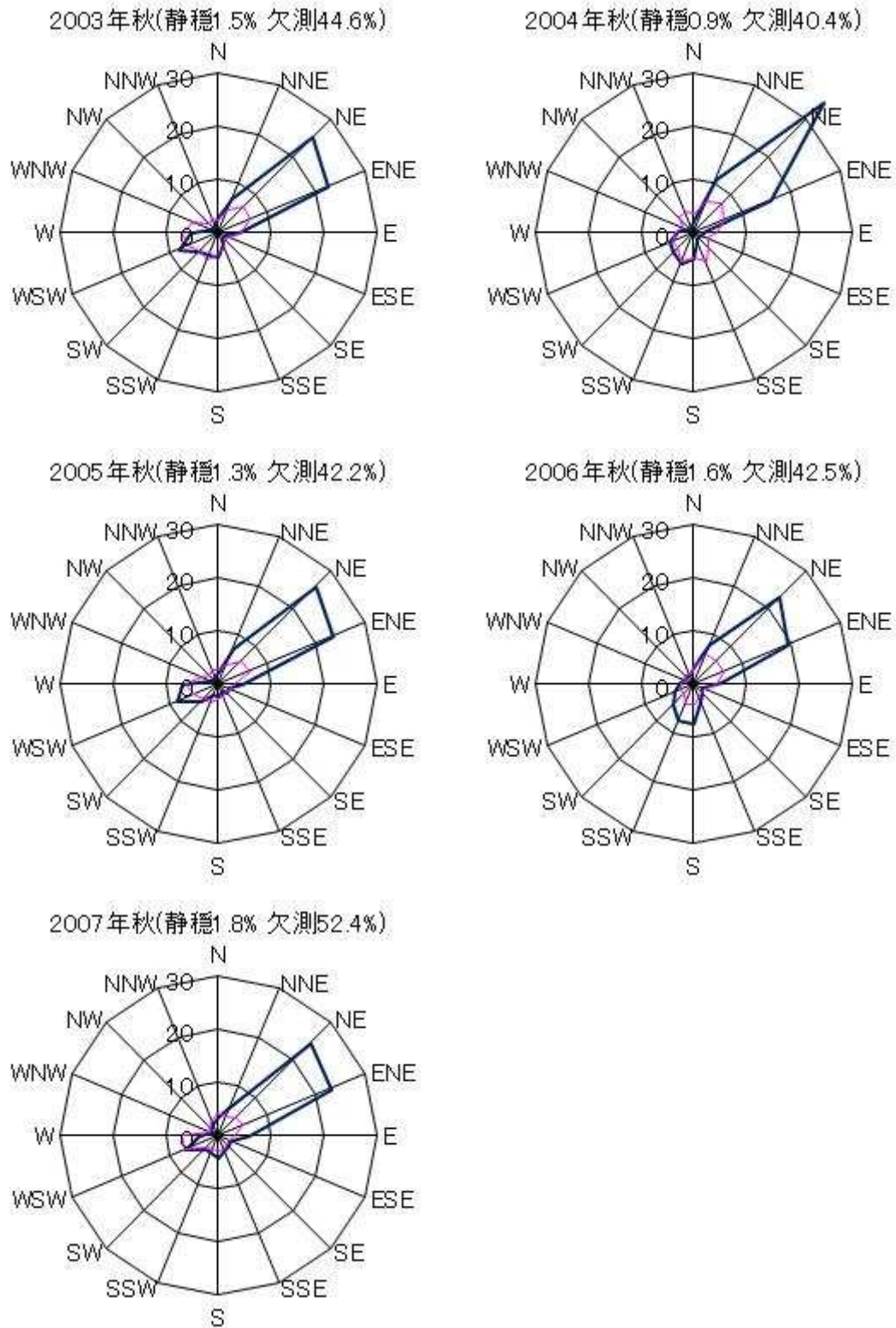


図 24 408 mの風配図(秋)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

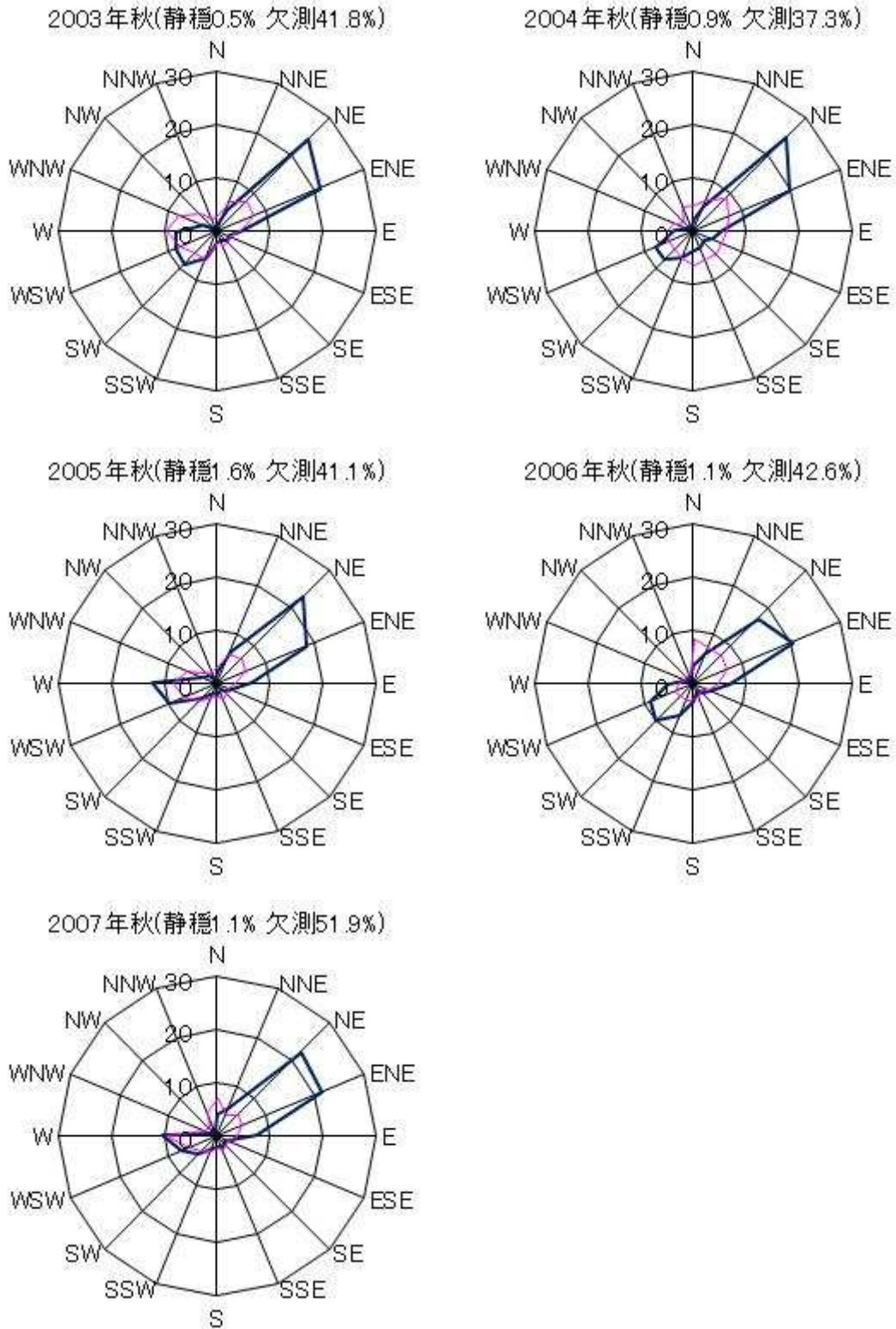


図 25 704 mの風配図(秋)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

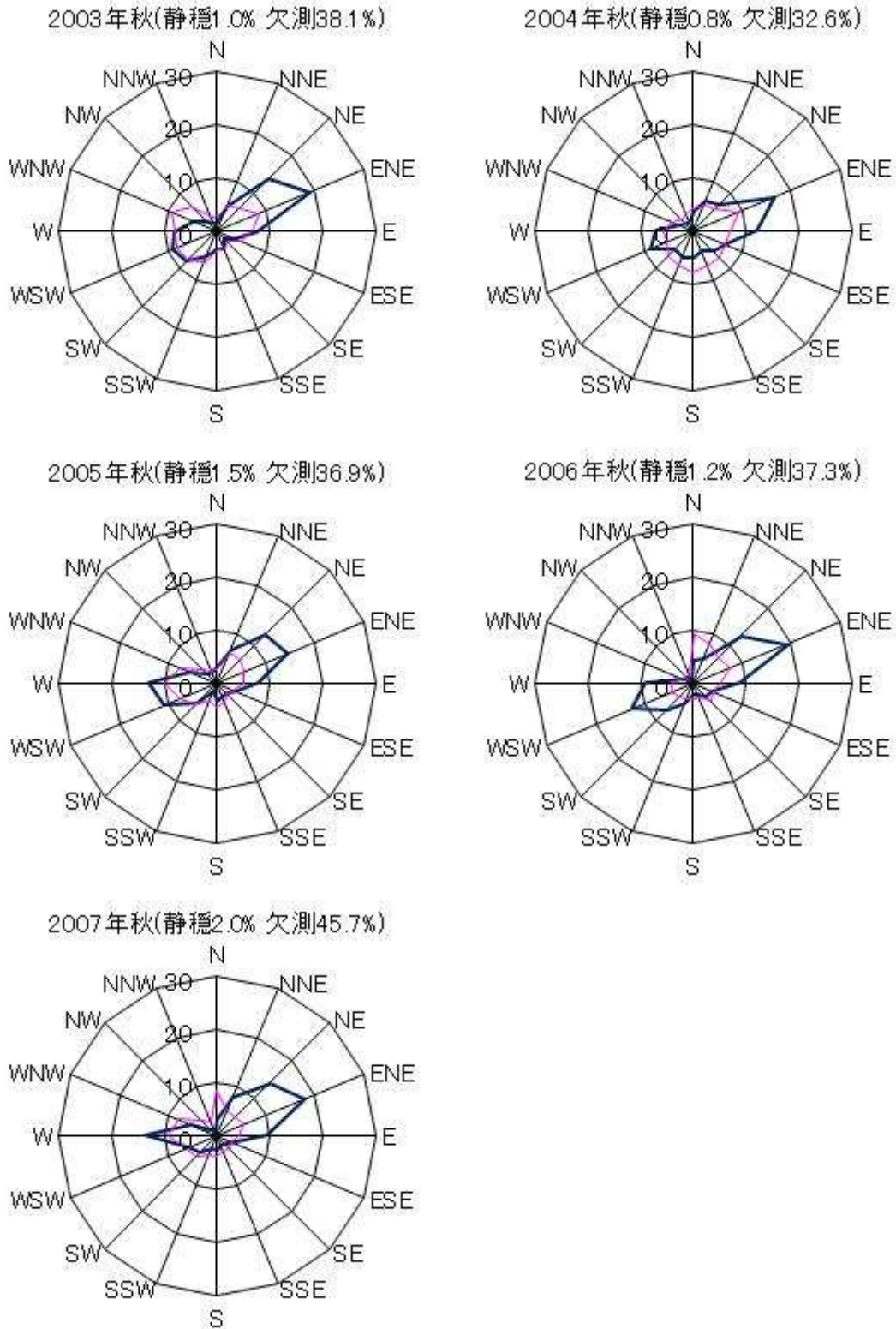


図 26 999 mの風配図(秋)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

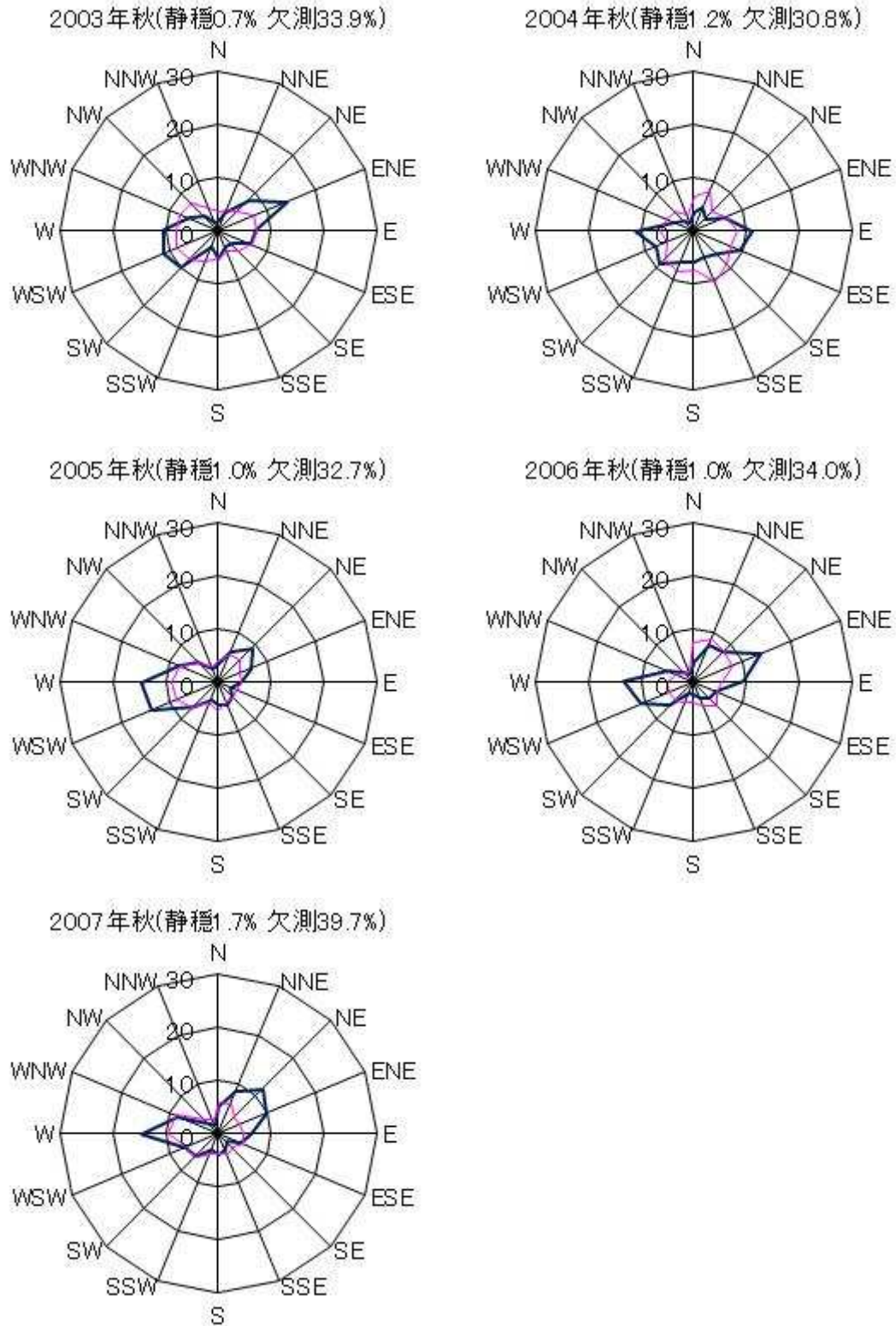


図 27 1295 mの風配図 (秋)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

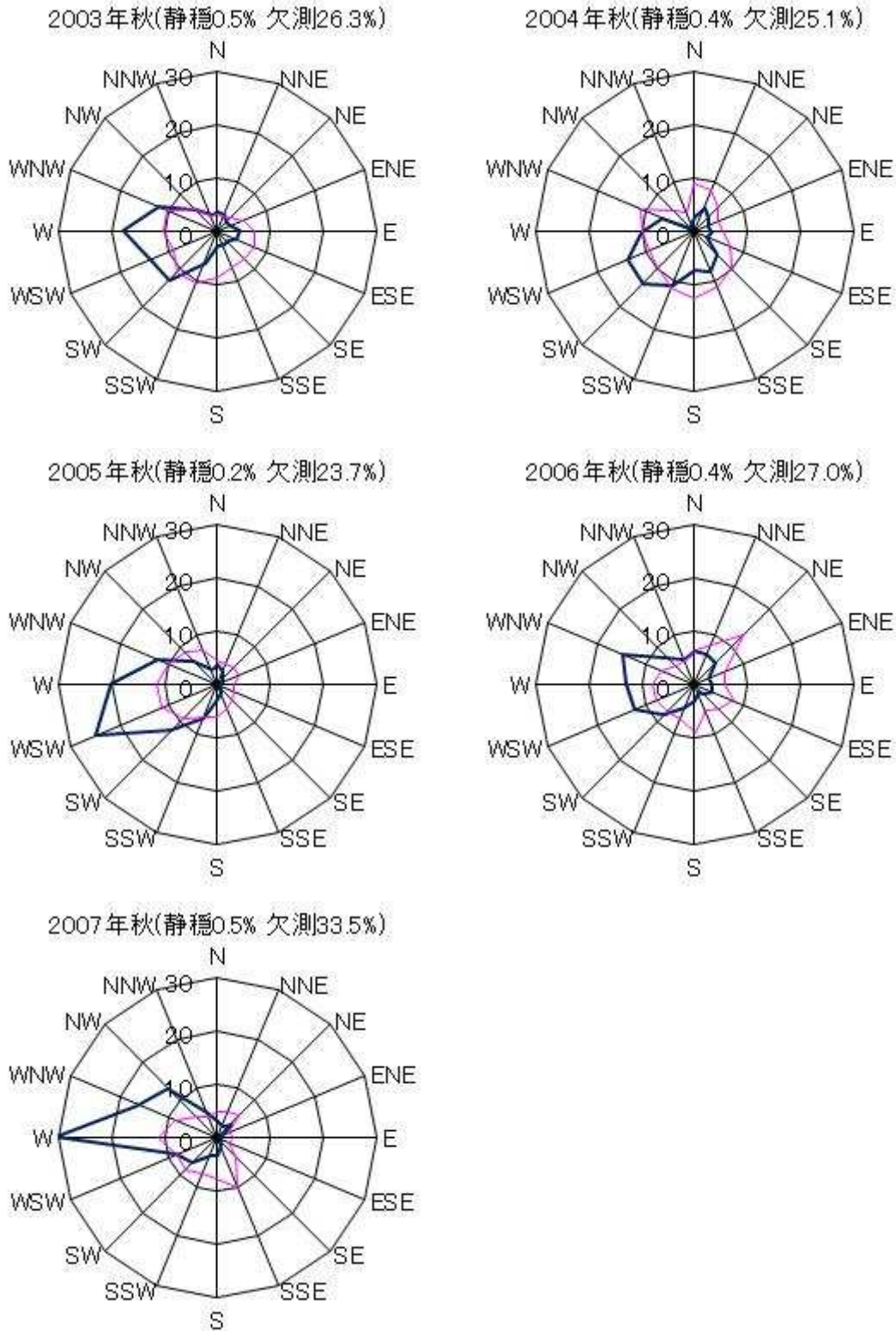


図 28 2182 mの風配図 (秋)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

4) 冬

全高度とも西寄りの風が多い。

・地上 (図 29): 西北西が卓越していることが多いが、南西から北東にかけて風向頻度が多いため、扇形のような風配図になる。大きな変化はあまり見られなかった。

・408m (図 30): 北東と西に出現が集中している。東北東、西南西、西北西も頻度が少し多めになっている。年によって卓越する風向が北東か西になる違いがあるが、頻度の多い風向に変化はないので、5年間に変化はなかった。

・704m (図 31): 西に卓越している。西寄りの風が多くなっているため、北東寄りの風が408mより減少している。この傾向に変化はなかった。

・999m (図 32): 卓越風向は西と西北西に限定される。西寄りの風が多い。この傾向は変化していない。

・1295m (図 33): 西寄りの風が多い。風配図の形が999mに似ている。大きな変化はなかった。

・2182m (図 34): 西南西から北西の風が多く、この4方位の合計頻度は2007年で83.5%、2005年で66.5%である。この4方位に出現が集中していることに変化はない。

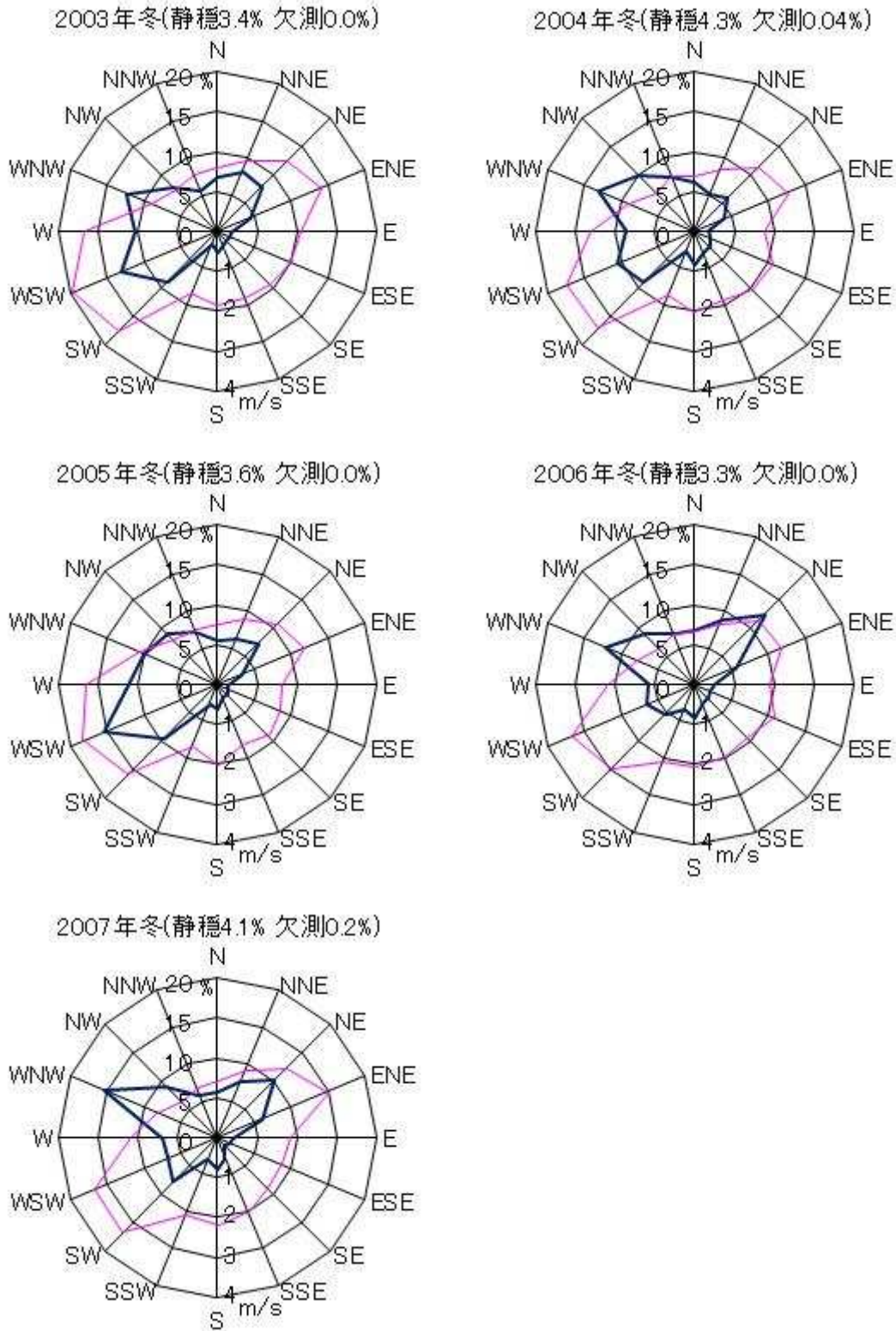


図 29 地上の風配図(冬)[青; 風向頻度(%), ピンク; 風向別平均風速(m/s)]

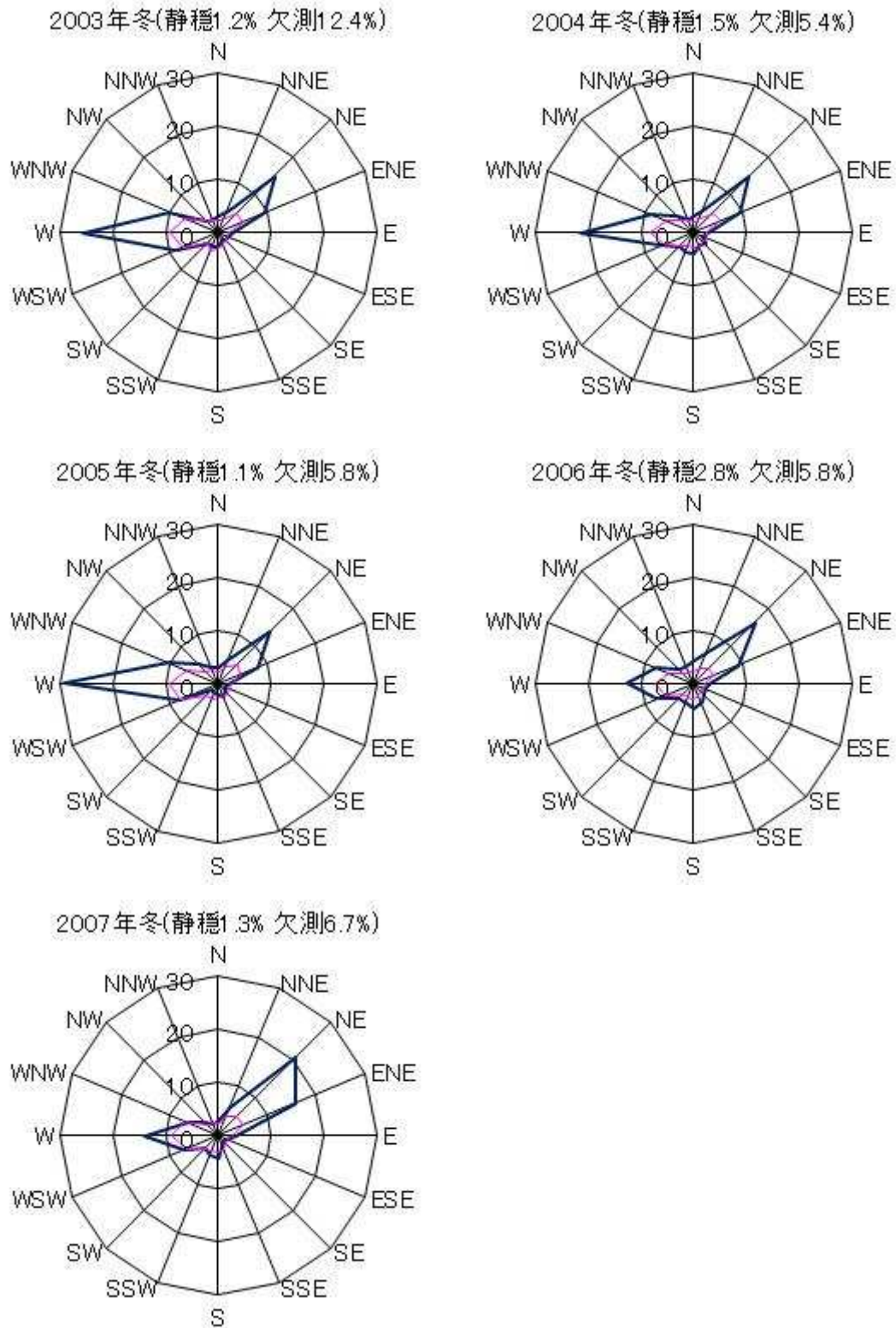


図 30 408 mの風配図(冬)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

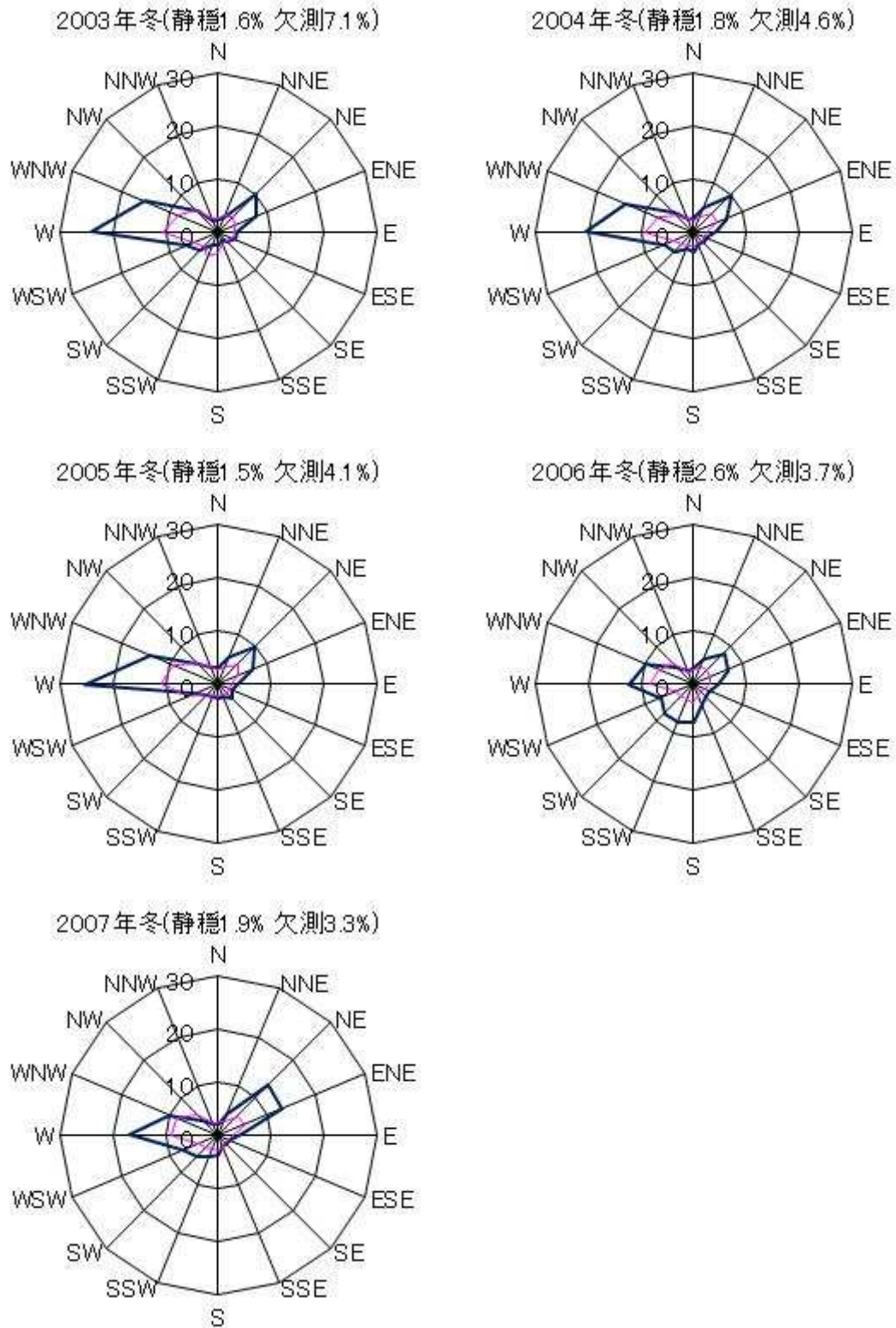


図 31 704 mの風配図(冬)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

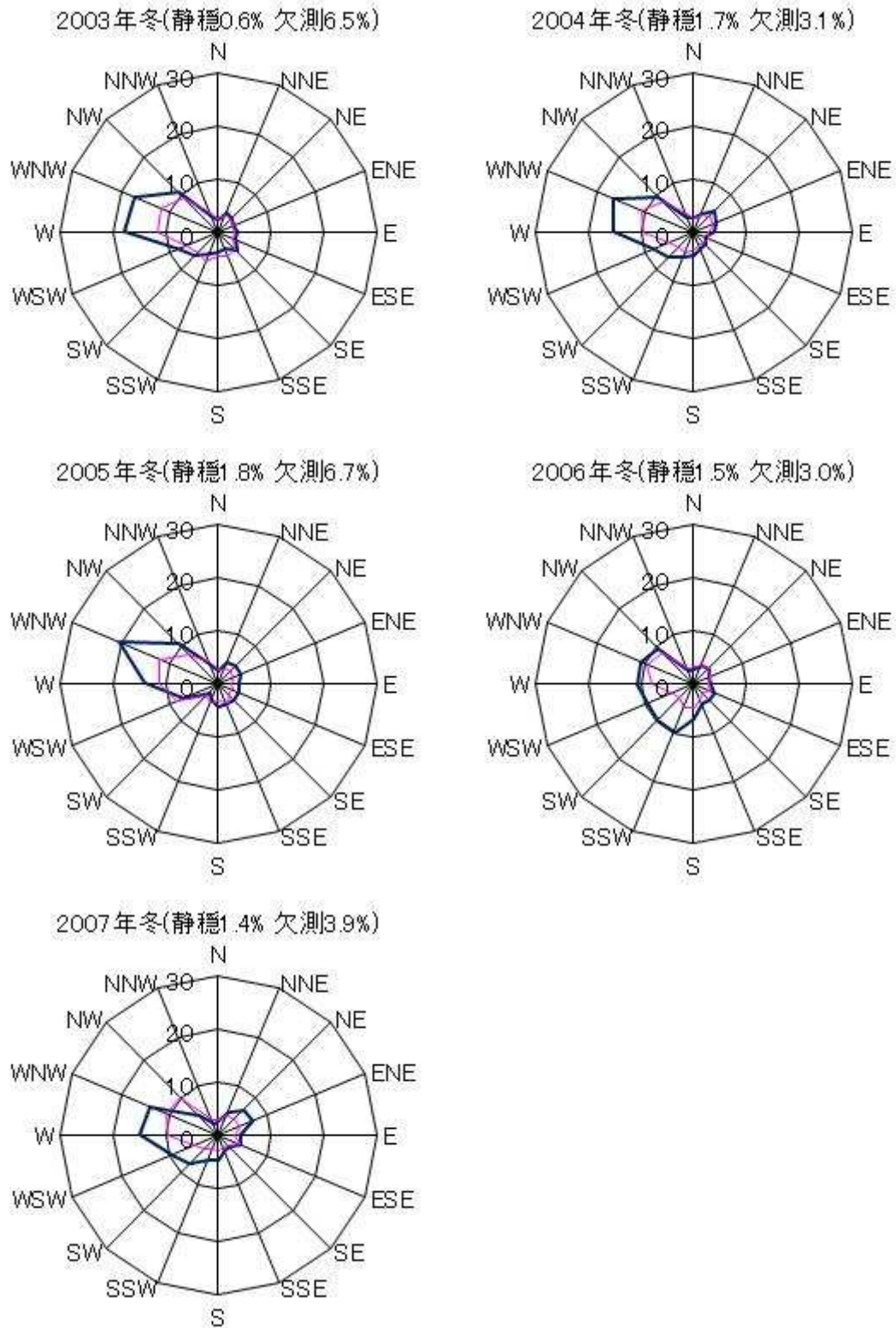


図 32 999 mの風配図(冬)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

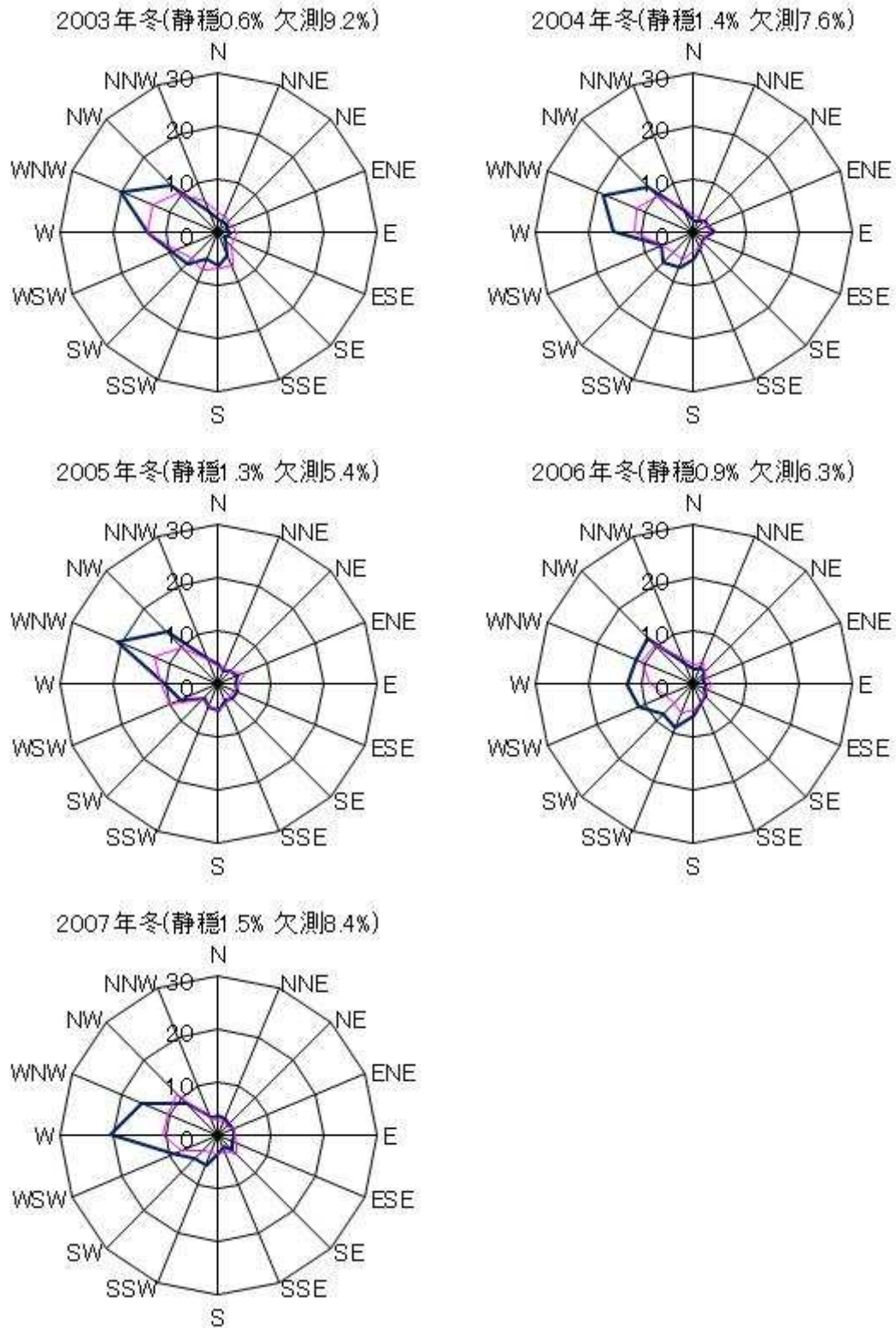


図 33 1295 mの風配図(冬)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

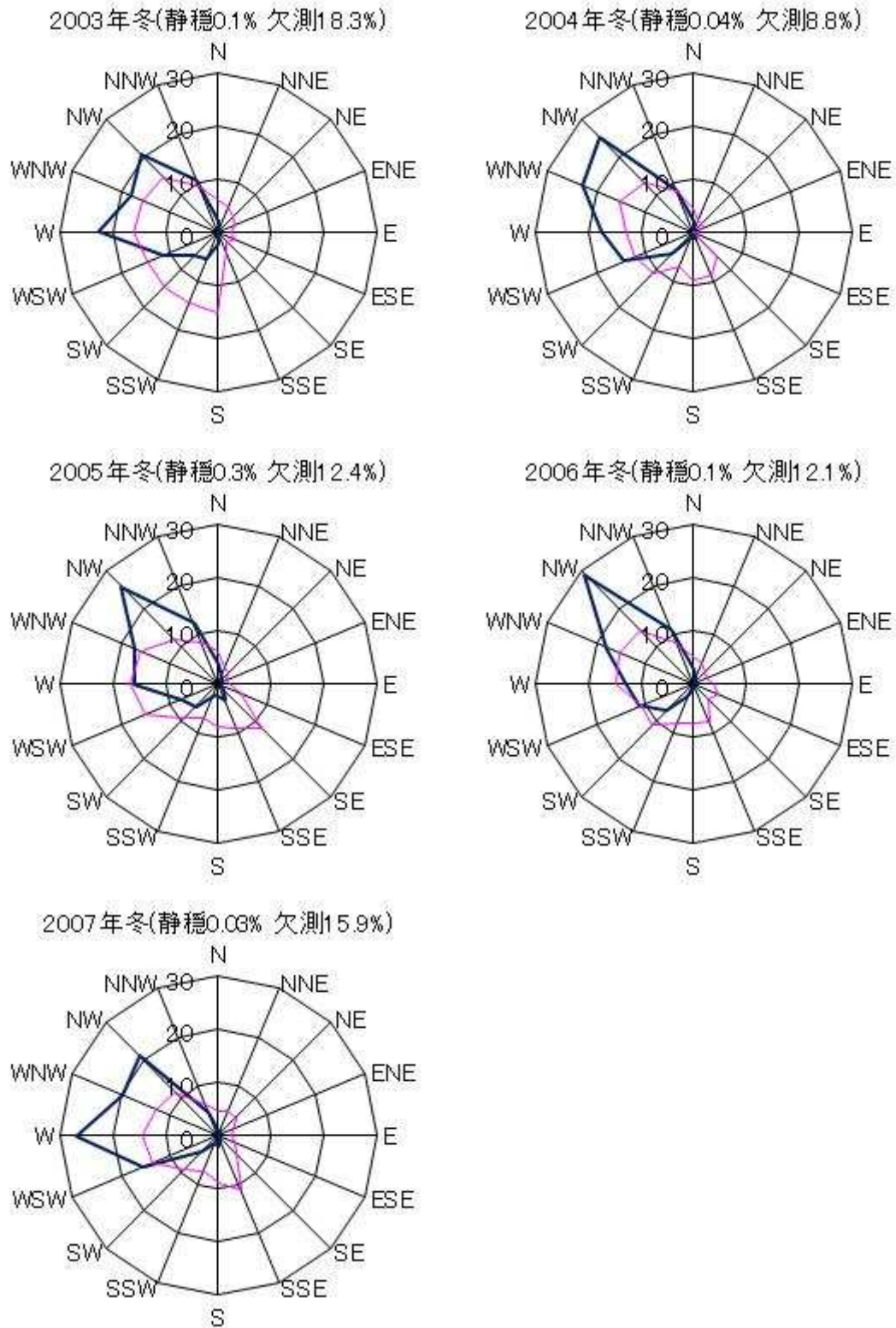


図 34 2182 mの風配図(冬)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

(2) 平均風速の経年変化

平均風速の経年変化を見るために高度別平均風速を表 4、図 35 に示す。季節ごとに平均風速の高さによる違いが年によって違うか調べてみた。春、秋、冬はどの年も同じようなカーブを描いて、風速が増加している。夏は 2006 年に違いが現れた。1295m より 999m の平均風速の方が大きくなり、他の年と違う傾向になった。

表 4 高度別平均風速 (m/s)

季節	高度	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年
春	地上	2.6	2.7	2.5	2.3	2.6
	408 m	6.1	5.9	5.1	4.7	5.5
	704 m	7.4	6.8	5.9	5.7	6.1
	999 m	8.3	7.9	7.3	7.1	6.9
	1295 m	9.0	8.9	8.3	8.1	7.8
	2182 m	11.7	11.8	12.3	12.0	11.1
夏	地上	1.8	2.4	2.0	2.0	1.9
	408 m	3.6	5.0	4.1	4.7	3.9
	704 m	4.1	5.5	4.8	6.7	4.6
	999 m	4.7	6.5	5.8	8.2	5.4
	1295 m	6.8	7.1	6.2	5.8	5.9
	2182 m	7.7	8.7	9.0	12.1	7.5
秋	地上	2.3	2.2	2.1	1.9	2.0
	408 m	5.7	5.9	5.1	4.5	4.3
	704 m	6.7	6.6	5.6	5.0	5.1
	999 m	6.8	6.7	6.0	5.5	5.6
	1295 m	6.8	7.1	6.2	5.8	5.9
	2182 m	8.5	7.1	9.2	7.3	8.3
冬	地上	2.4	2.1	2.3	1.9	2.0
	408 m	5.7	4.9	5.9	4.0	4.9
	704 m	6.1	5.1	6.4	4.3	5.2
	999 m	7.4	6.1	7.9	5.2	5.9
	1295 m	9.1	7.3	7.0	6.5	7.0
	2182 m	14.2	12.4	12.2	12.3	12.2

3 季節ごとの風向頻度傾向の高さによる違い

風向頻度傾向の高さによる違いが年によって異なるかどうかを見るため、高度別風配図を図 36 ～ 図 55 に示す。

静岡地方気象台のウインドプロファイラで観測された 2003-2007 年の上層風

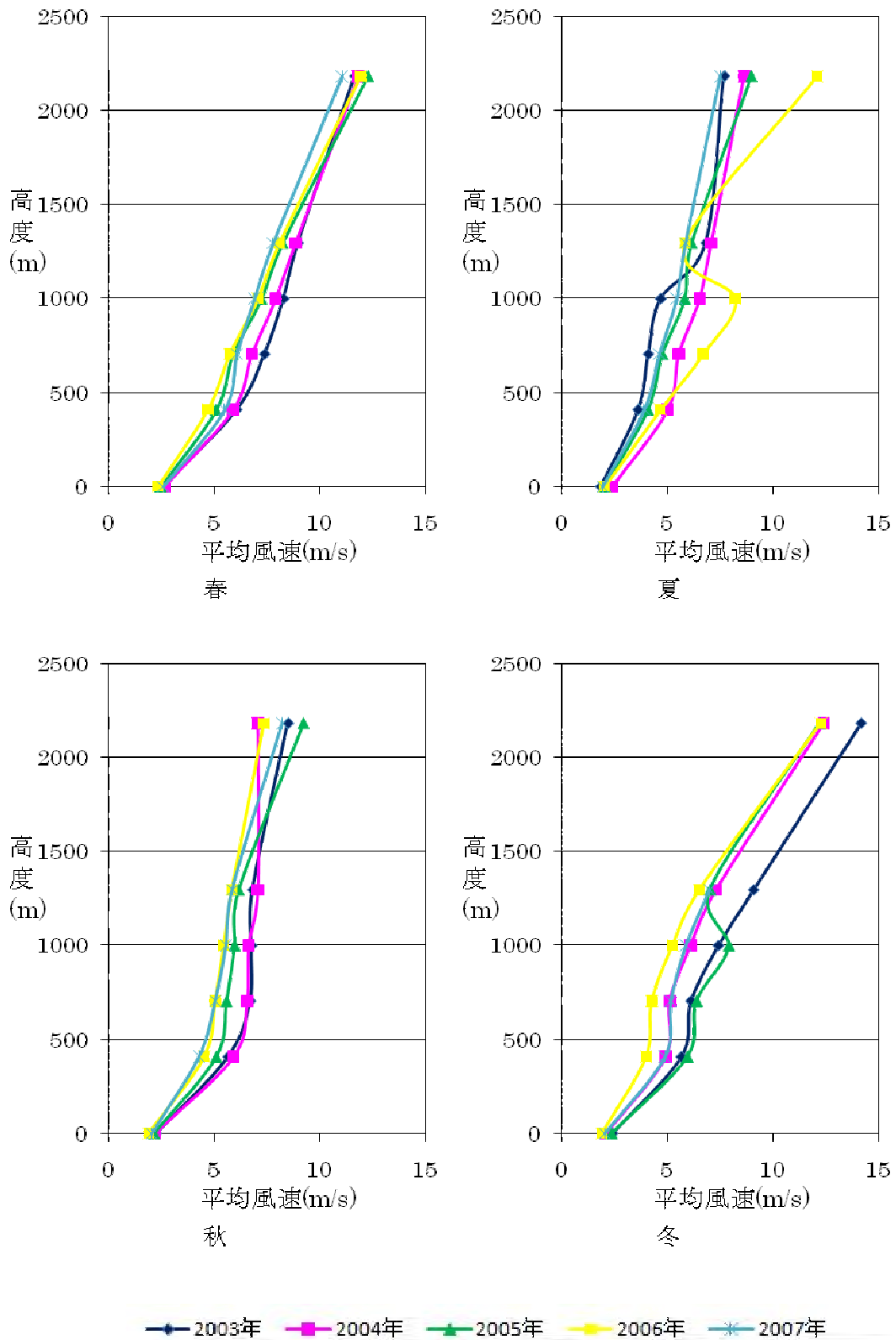


図 35 高度別平均風速図

(1) 春 (図 36 ~ 図 40)

地上は風向出現頻度傾向が曖昧であるが、408m、704m では北東方向と南から西に頻度が多くなる。704m から西寄りの風が増え始め、1295m 以上はほとんど西寄りの風になる。地上は周囲の地形の影響を受けている。南東側の有度山、久能山、西側の高草山に遮られているため、この方向の風向頻度は小さくなる。北西寄りに見られる風は北にある標高 1000m の山脈の谷から吹き込んでくる風、南寄りの風は海陸風によると思われる。408m になると北側の山の影響で北寄りの風が減少し、北東と南から西の 2 方向に分けられる。704m 以上になると西の山の影響を受けなくなり、常時吹いている偏西風の影響で西風が増加する。このように高度の変化に伴う風向出現頻度傾向の変化は 5 年間で変化していない。

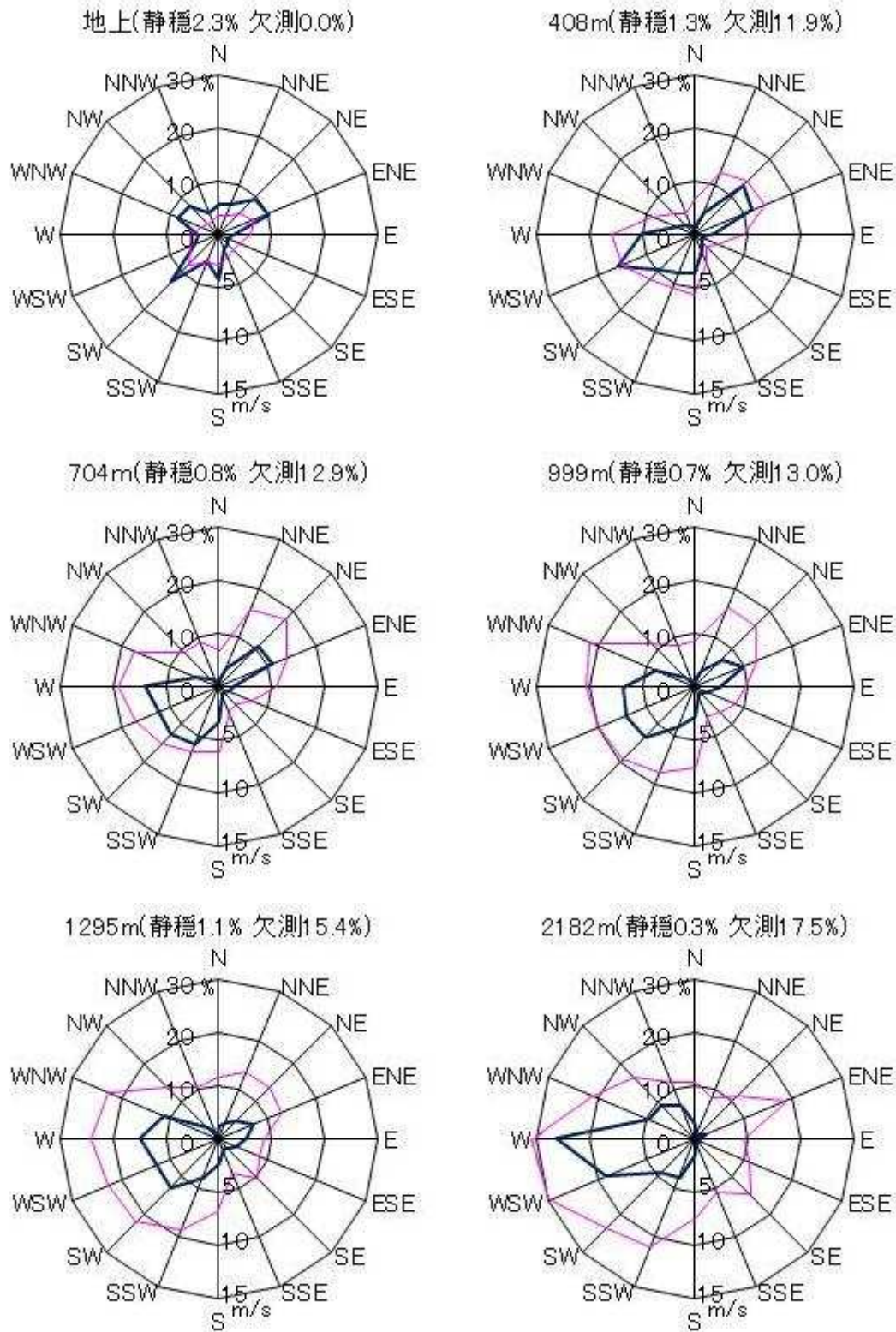


図 36 高度別風配図 (2003 年春)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

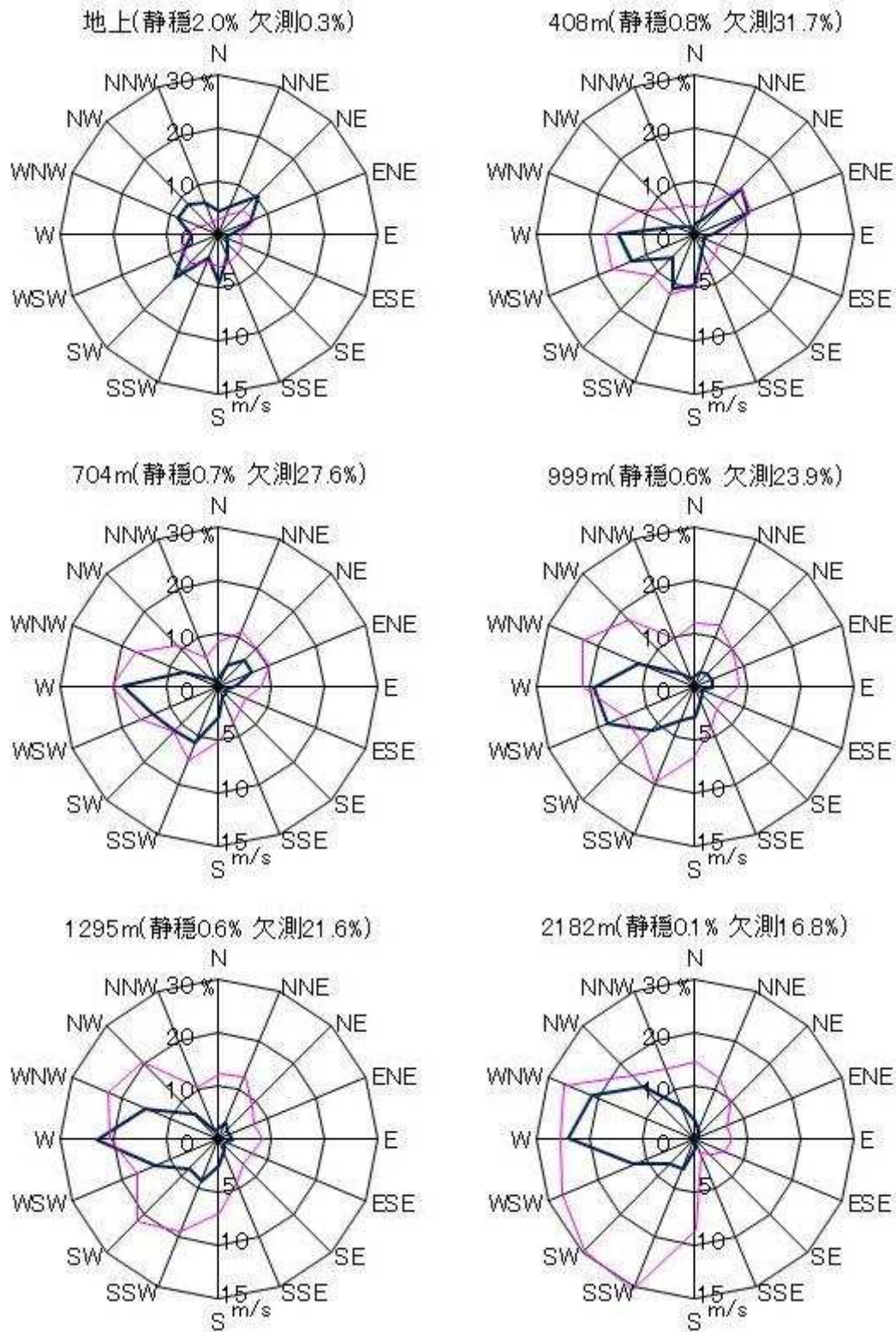


図 37 高度別風配図 (2004 年春)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

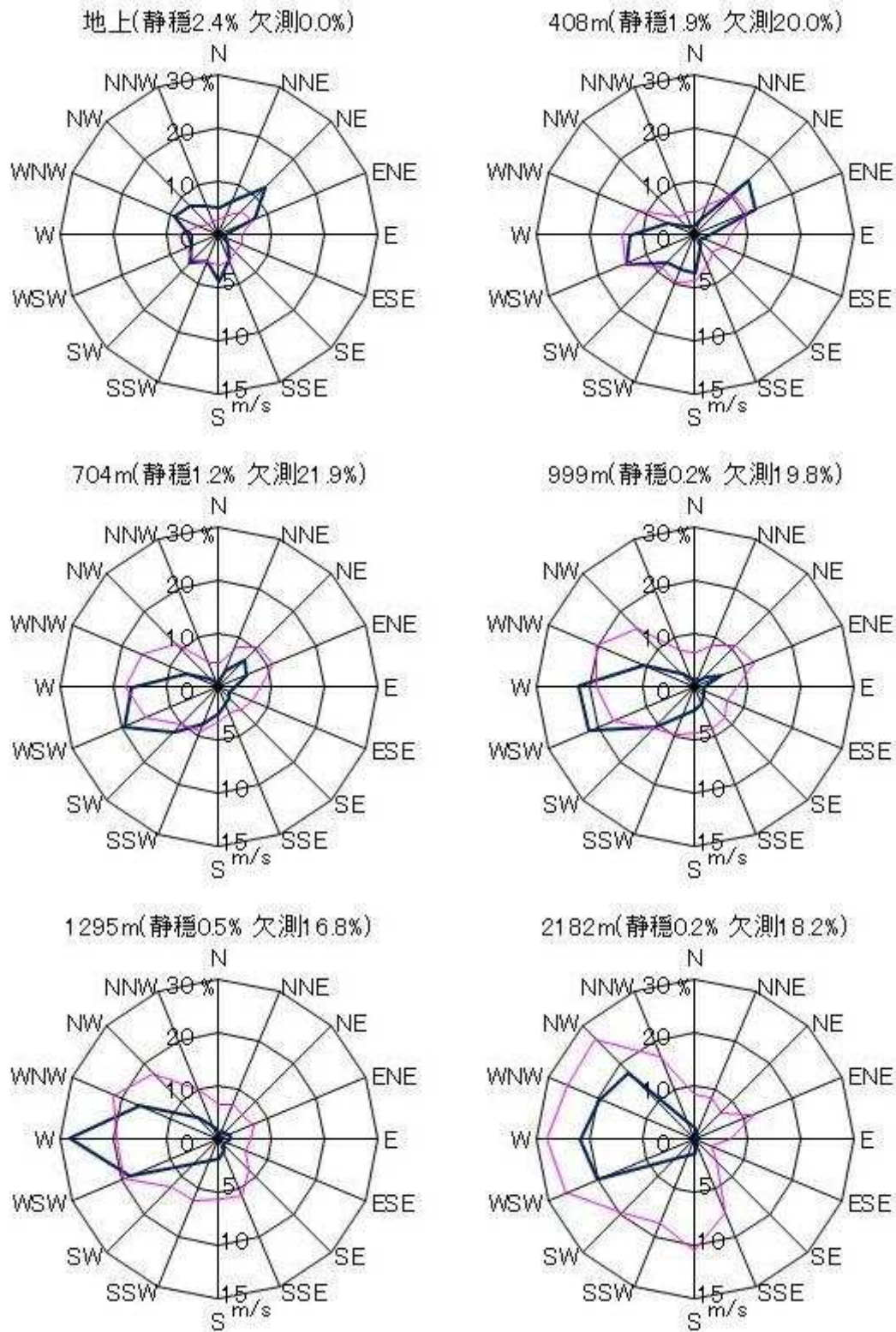


図 38 高度別風配図 (2005 年春)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

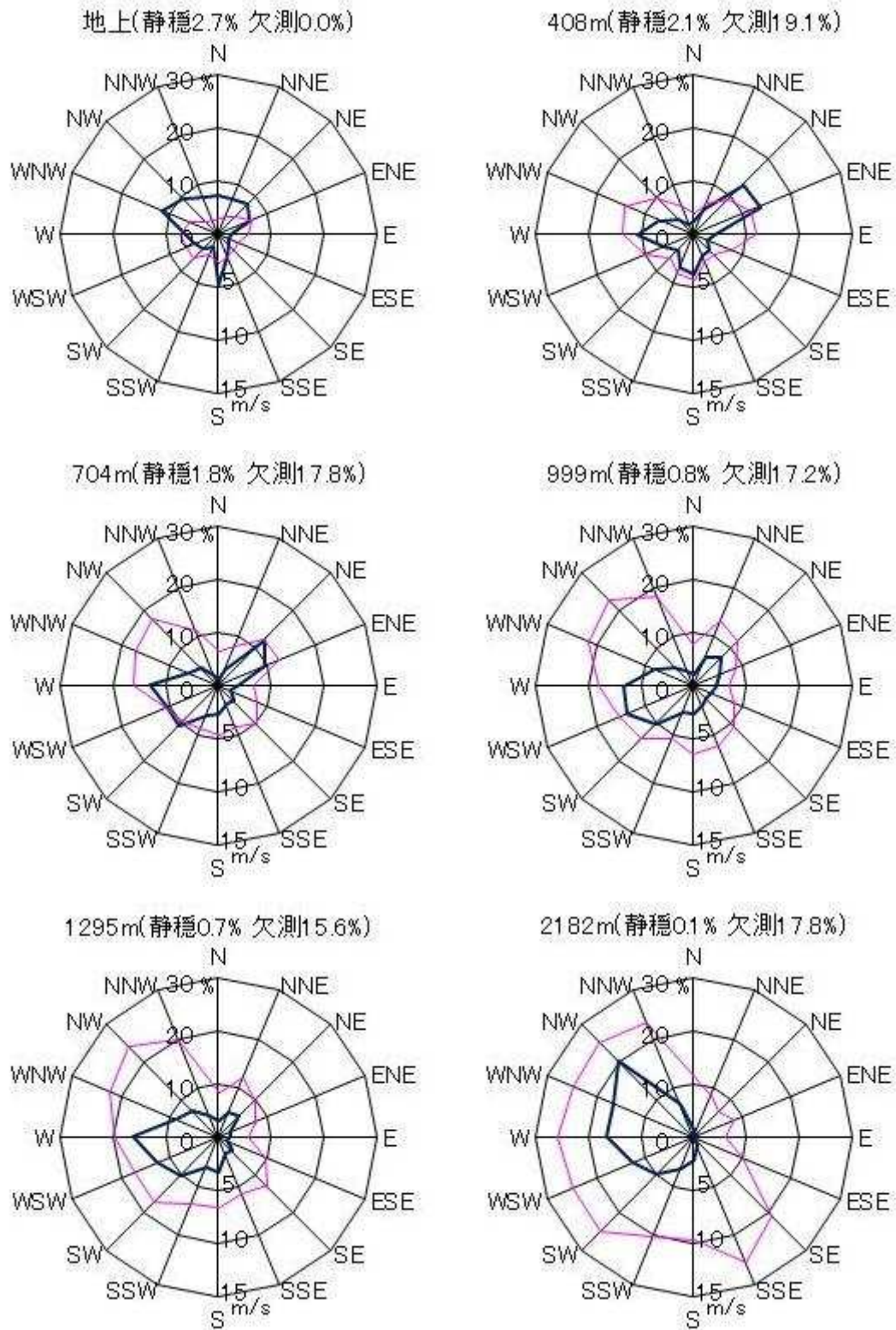


図 39 高度別風配図 (2006 年春)[青 ; 風向頻度 (%), ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

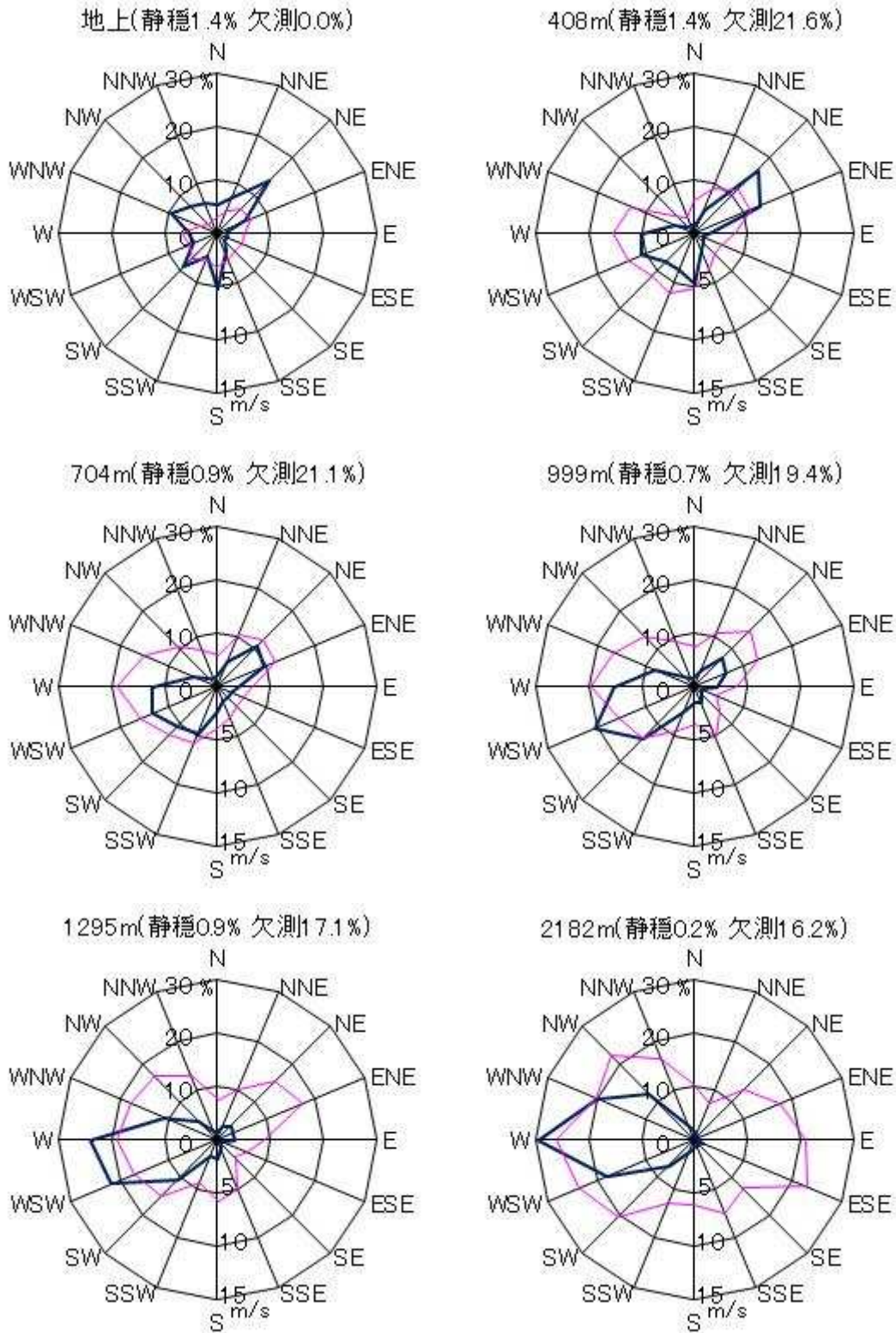


図 40 高度別風配図 (2007 年春)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

(2) 夏 (図 41 ~ 図 45)

地上は北東と南よりの風が多く、408m では北東に卓越し、南西寄りの風も多い。704m より西寄りの風が増え、999m 以上は西風が卓越している。地上は海陸風により南寄り風が多くなる。北東風は地形の影響で多くなっている。上空にいくと海陸風の影響が減り南風が減少し、偏西風によって西風が増加する。よって、408m では北東と南西寄りの風になる。西側の山の影響がなくなる 704m 以上では、西風が卓越する。この傾向に変化は見られなかった。

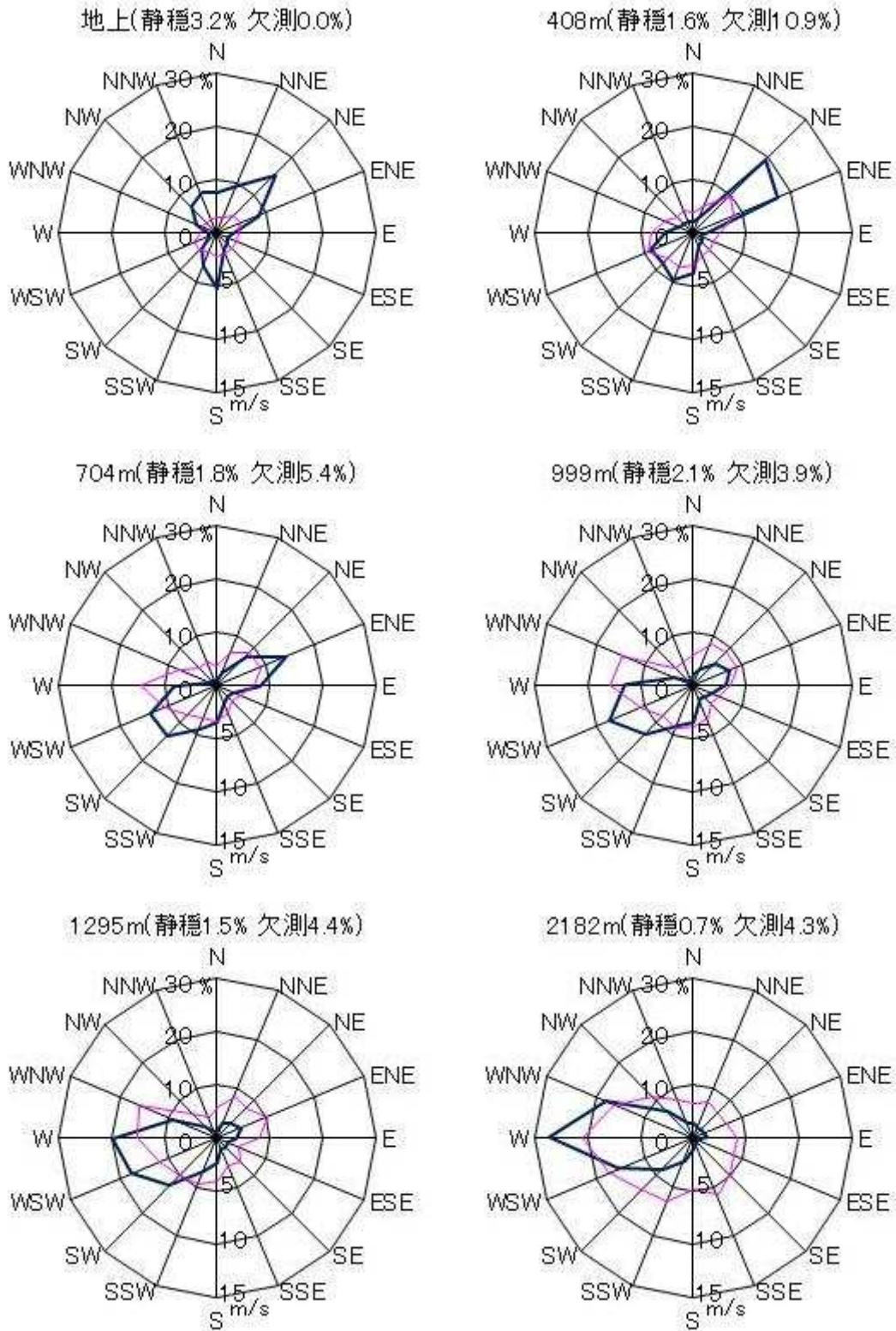


図 41 高度別風配図 (2003 年夏)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

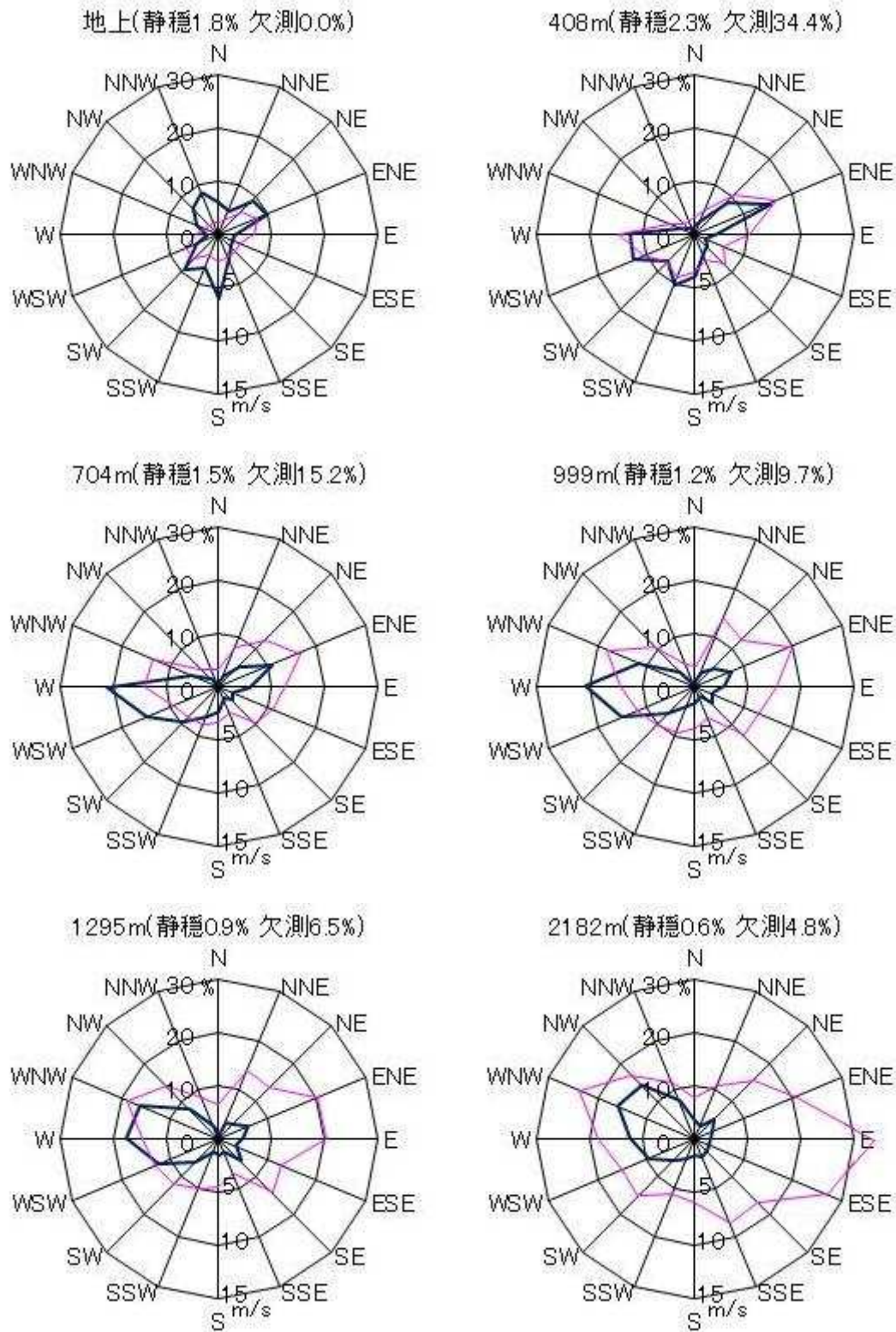


図 42 高度別風配図 (2004 年夏)[青 ; 風向頻度 (%), ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

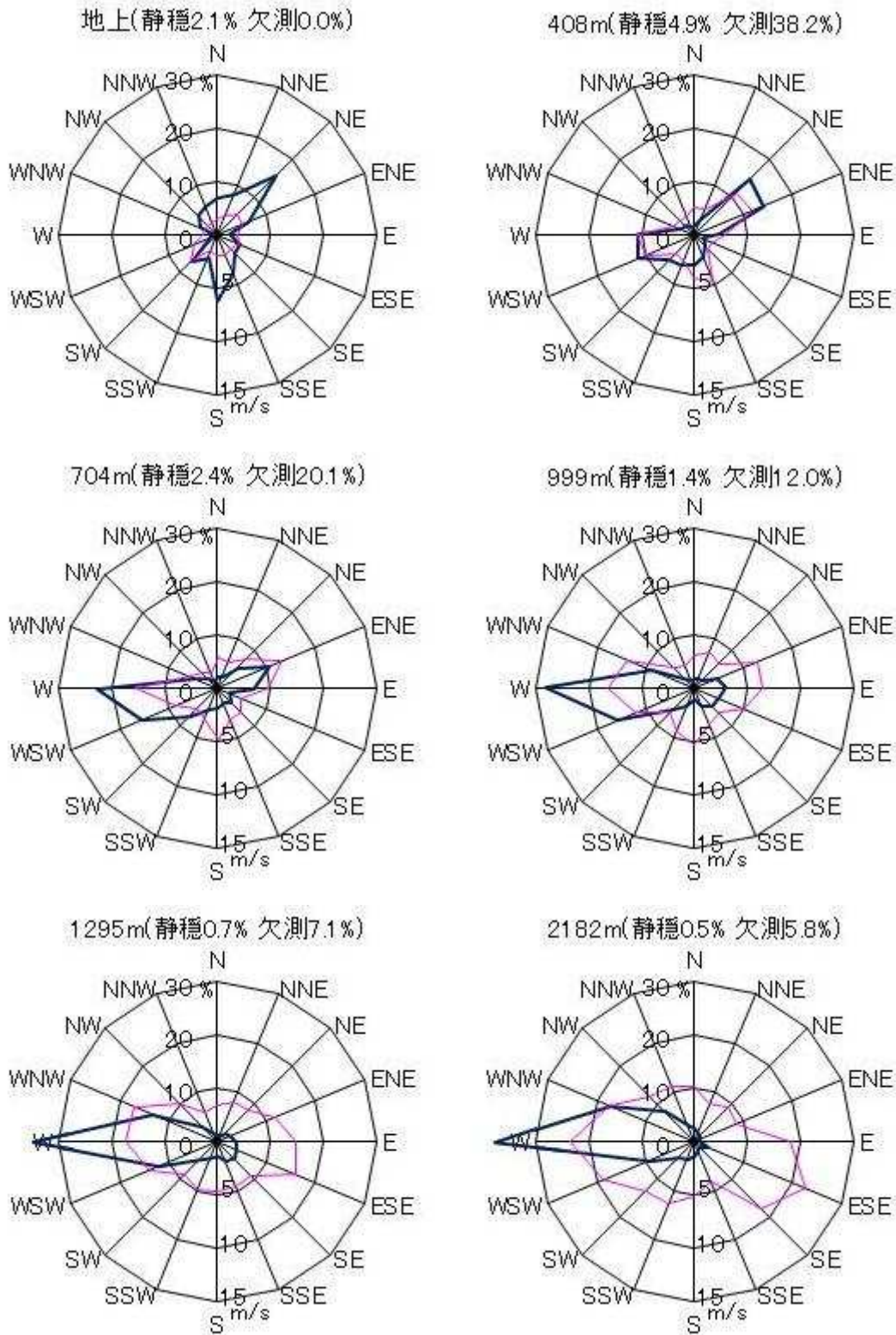


図 43 高度別風配図 (2005 年夏)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

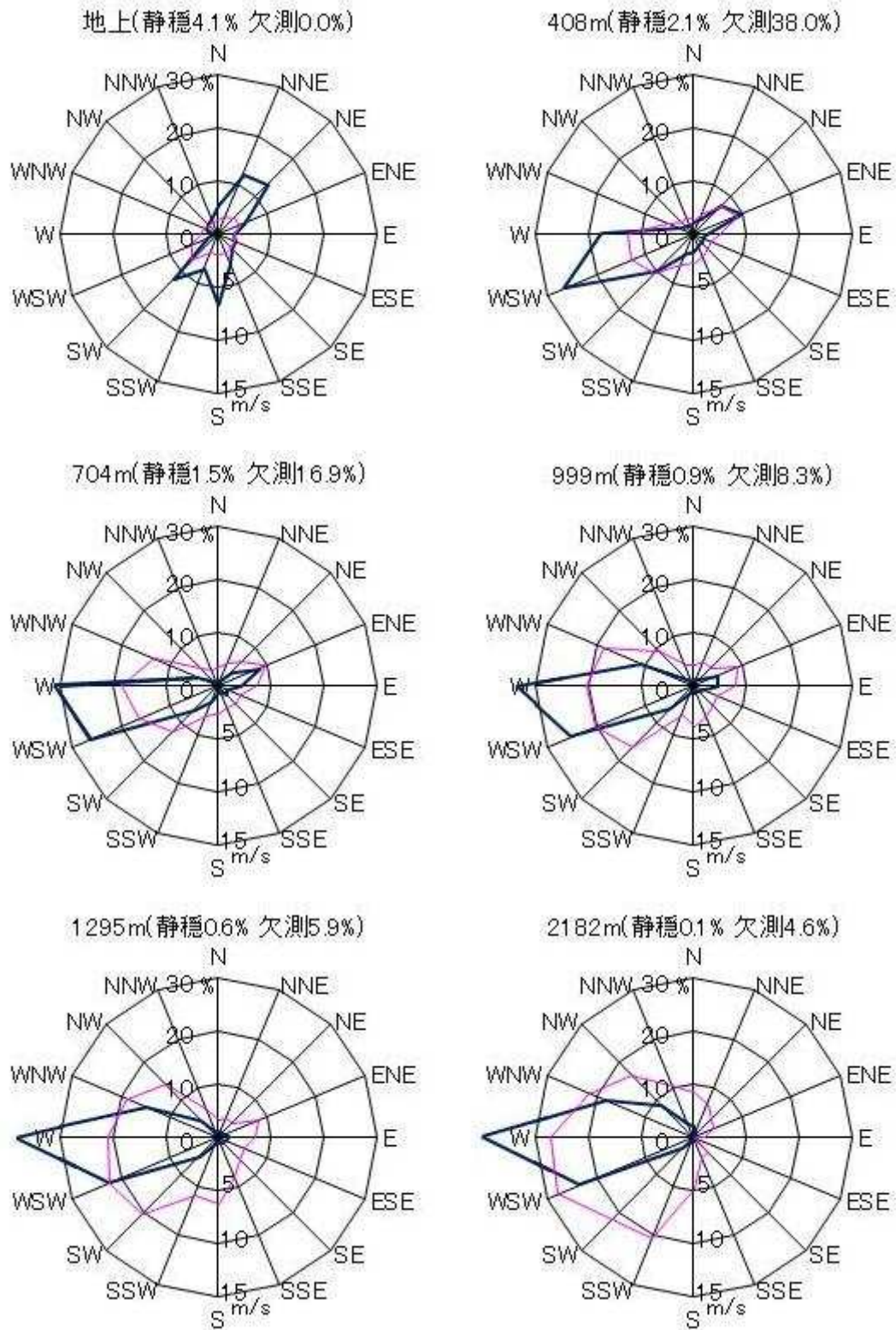


図 44 高度別風配図 (2006 年夏)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

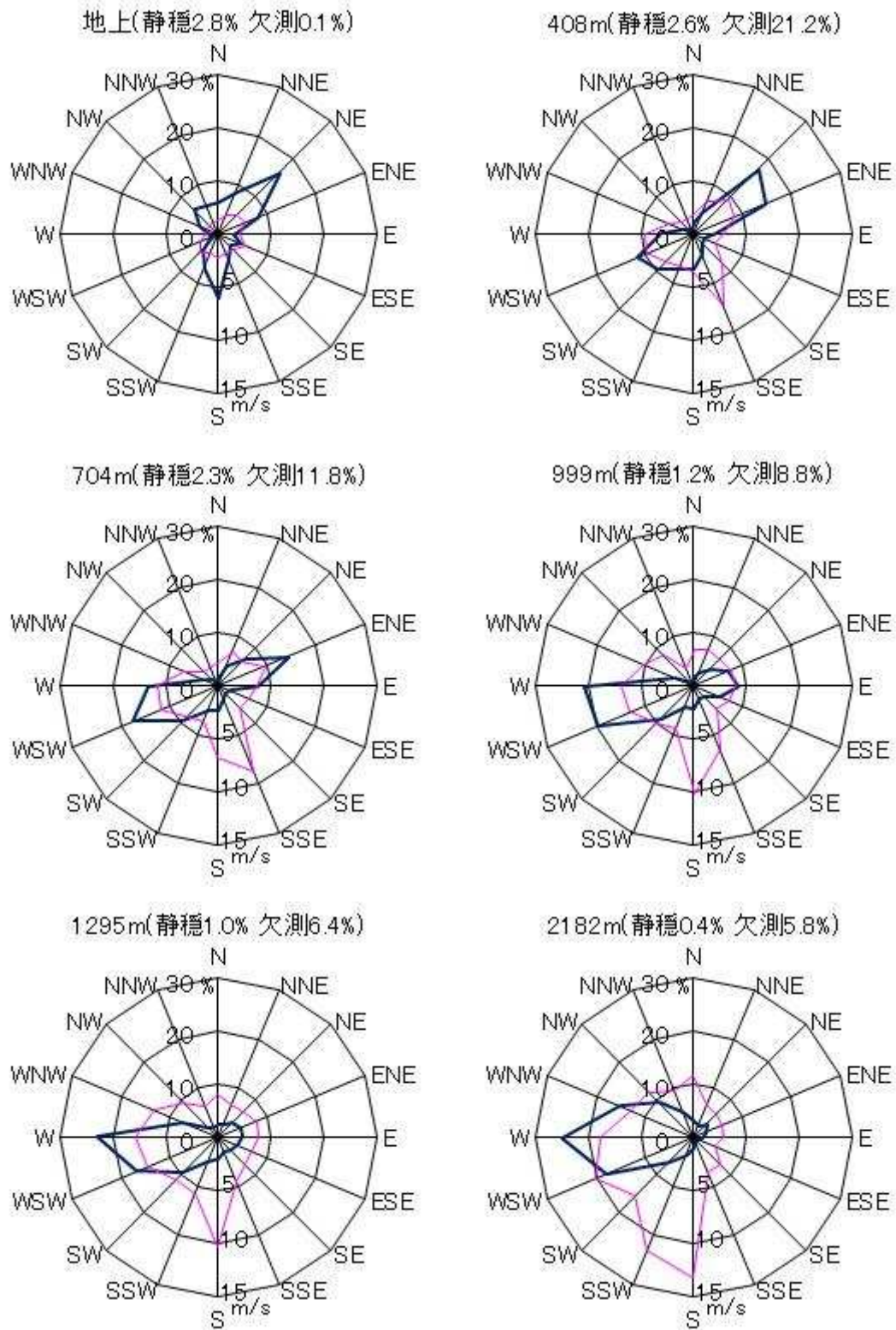


図 45 高度別風配図 (2007 年夏)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

(3) 秋 (図 46 ~ 図 50)

地上は西北西から東北東にかけて多く、南風も少し見られるが。408m から 999m では北東寄りの風が多く、1295m で西寄りの風が増加し、2182m で西寄りの風が卓越する。地上の北寄りの風は移動性高気圧の通過によるもの、南風は海陸風によるものと思われる。高度が上がると風向は単純化し北東寄りになる。これは北の山脈によって遮られるからである。さらに上空にいくと、偏西風の影響から西風になる。このように変化していく状況に変化は見られなかった。

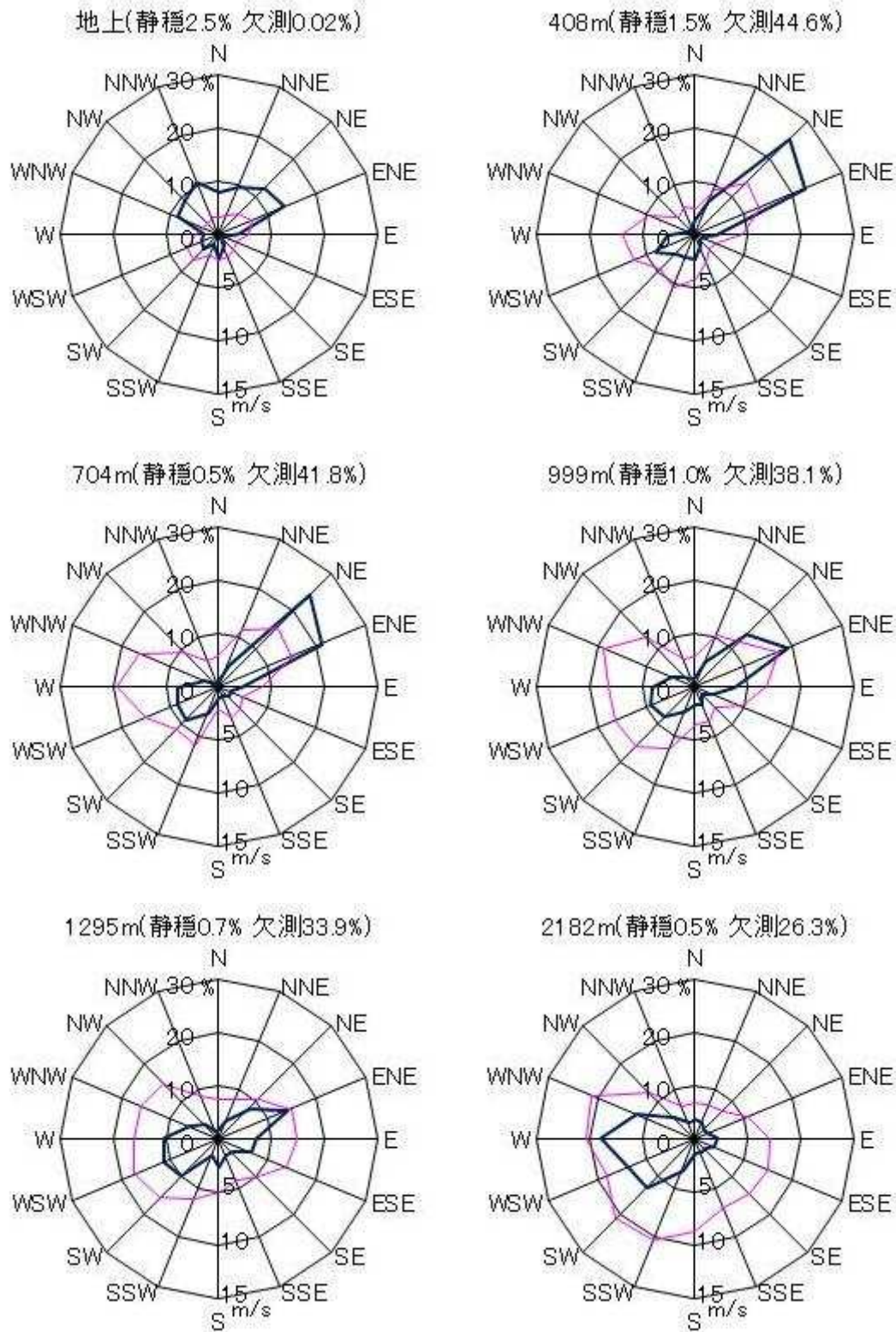


図 46 高度別風配図 (2003 年秋)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

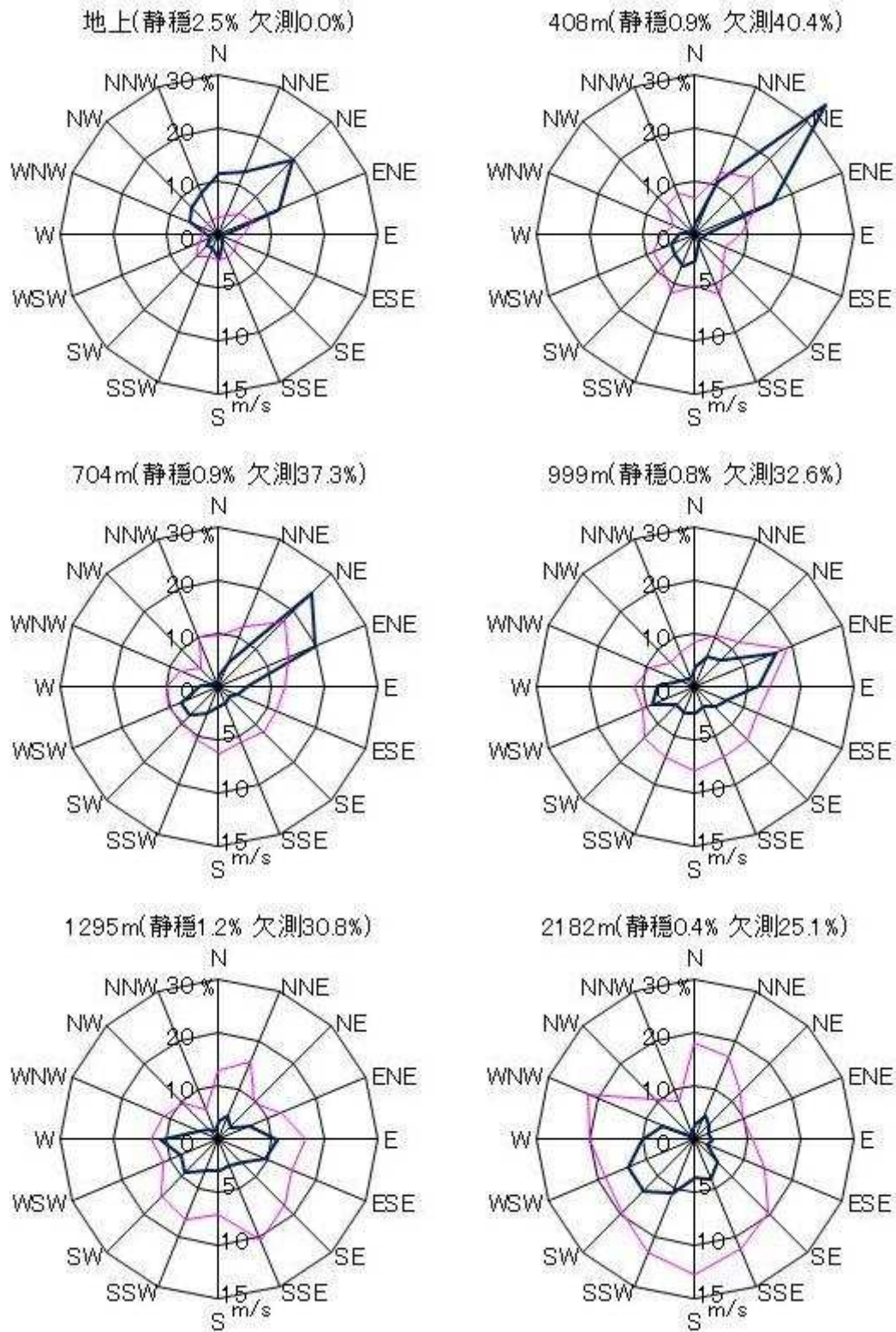


図 47 高度別風配図 (2004 年秋)[青 ; 風向頻度 (%), ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

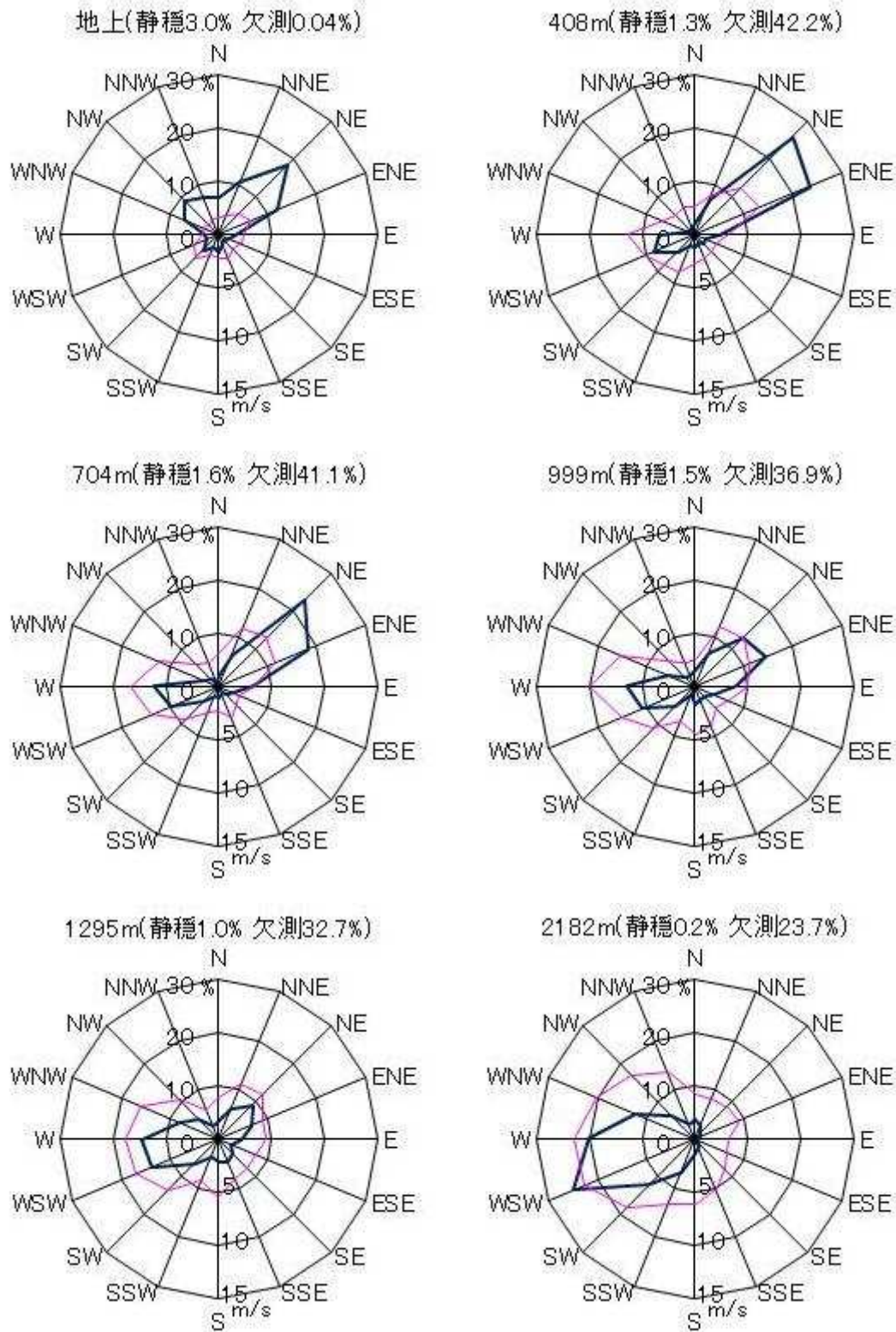


図 48 高度別風配図 (2005 年秋)[青；風向頻度(%)、ピンク；風向別平均風速(m/s)]

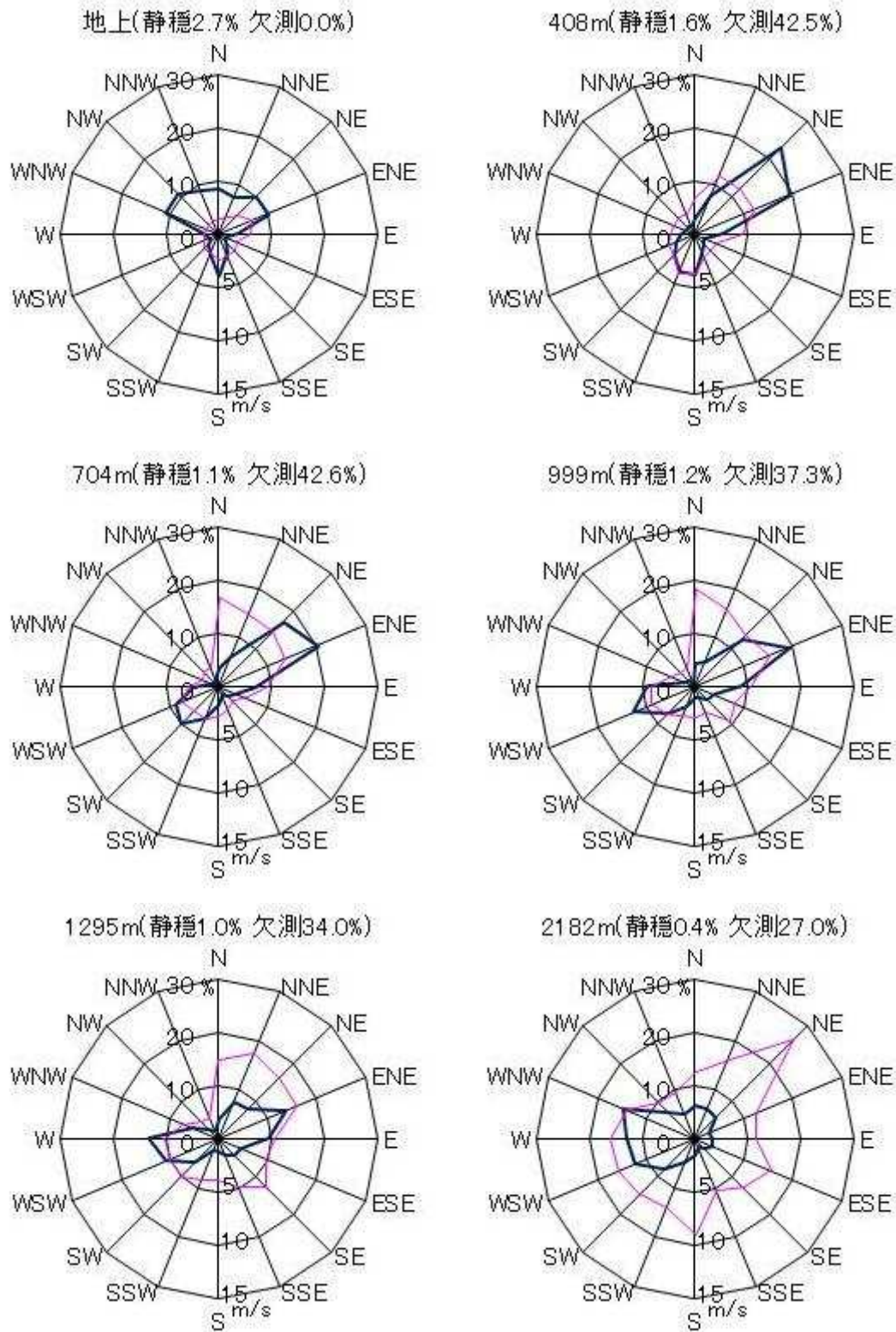


図 49 高度別風配図 (2006 年秋)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

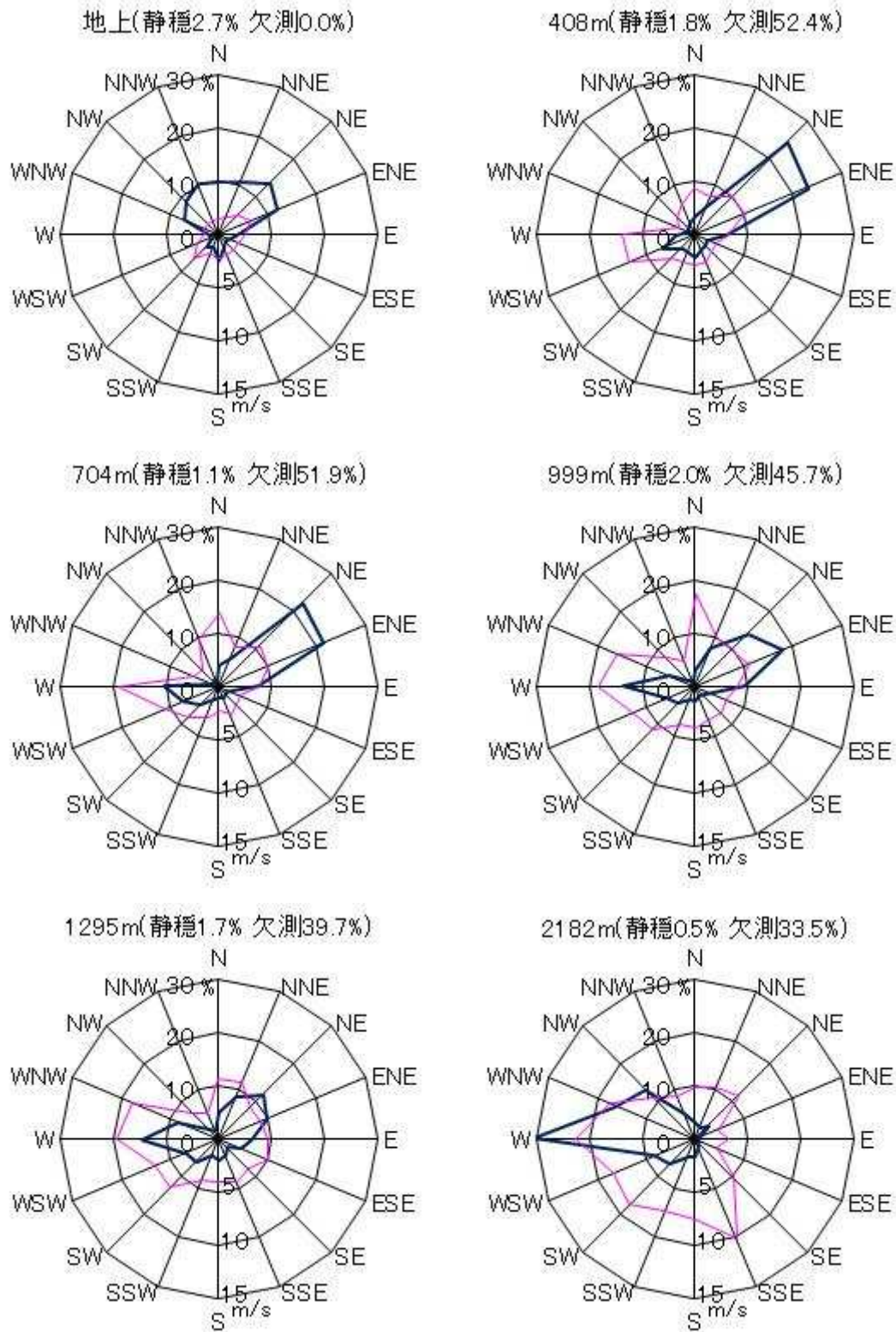


図 50 高度別風配図 (2007 年秋)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

(4) 冬 (図 51 ~ 図 55)

地上は南西から北東にかけて多く、408m、704m では北東と西の 2 方向に集中して出現している。999m 以上では、西から北西に頻度が多くなり、東寄りの風はほとんど見られなくなる。他の季節と違い地上でも西寄りの風が見られる。冬の北西の季節風が強いため西側の山を越え、吹いてきたものである。408m 以上になると西側の山の影響を受けなくなり西寄りの風が卓越してくる。このように高度の変化に伴う風向出現頻度傾向の変化は 5 年間で変化していない。

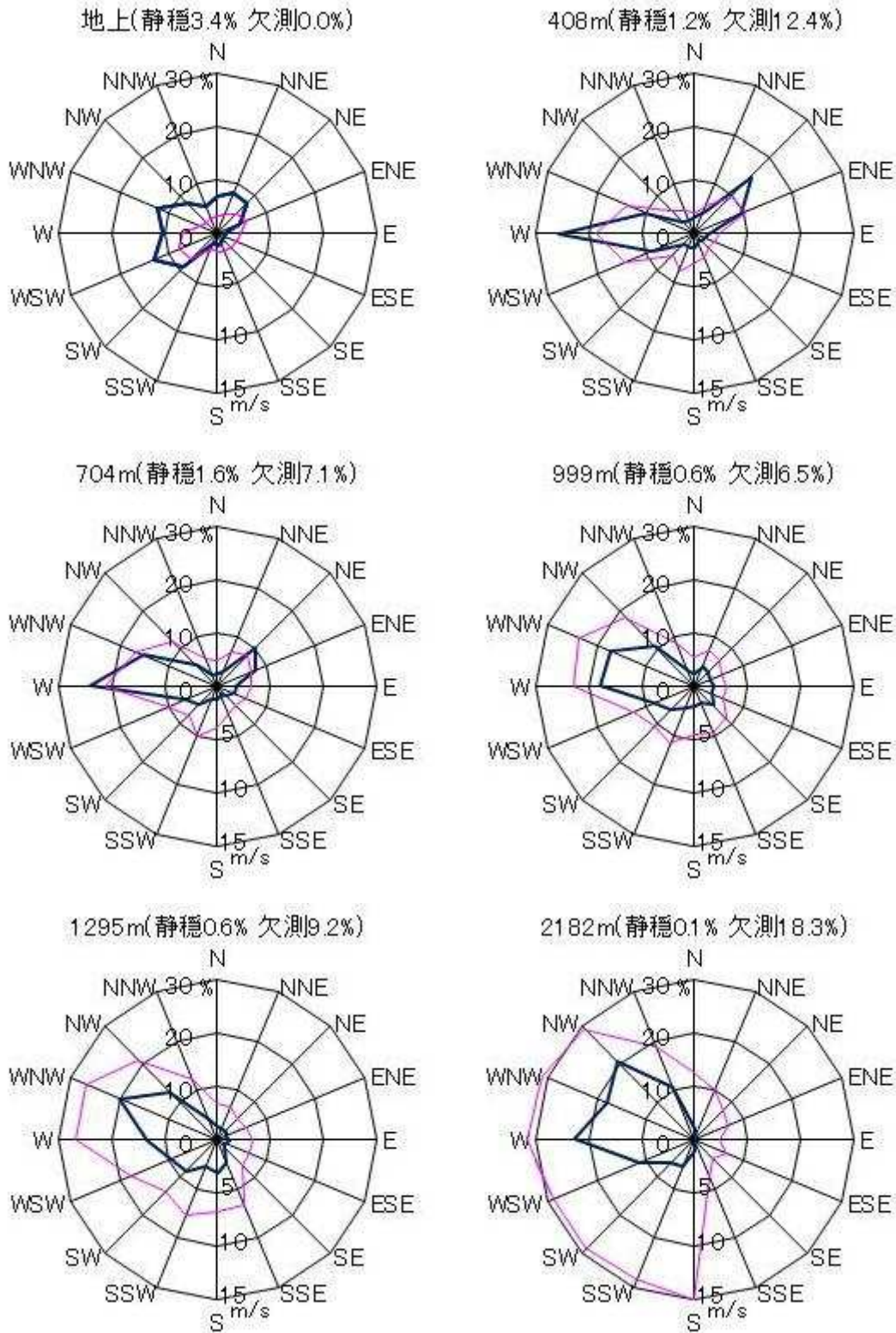


図 51 高度別風配図 (2003 年冬)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

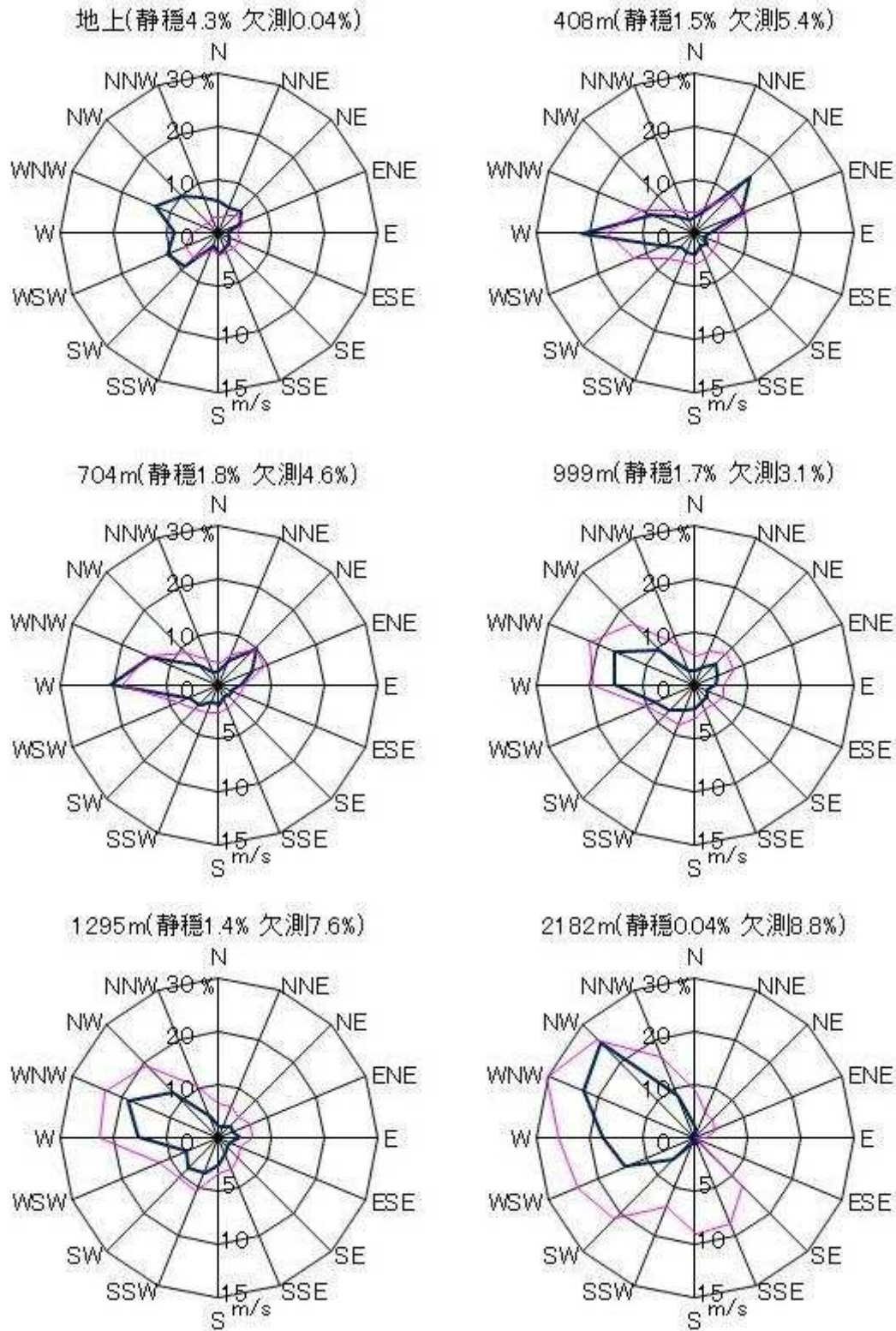


図 52 高度別風配図 (2004 年冬)[青；風向頻度 (%)、ピンク；風向別平均風速 (m/s)]

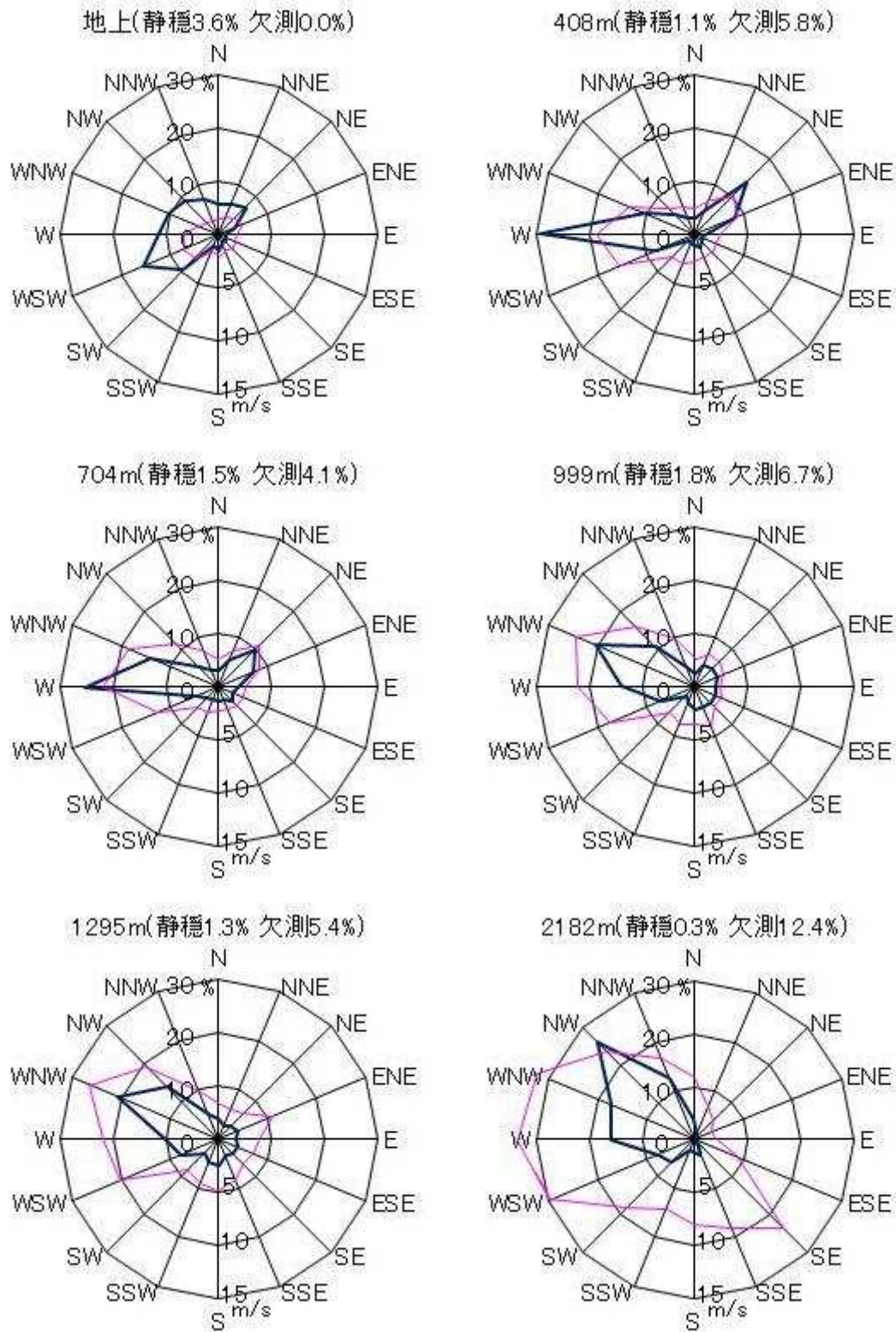


図 53 高度別風配図 (2005 年冬)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

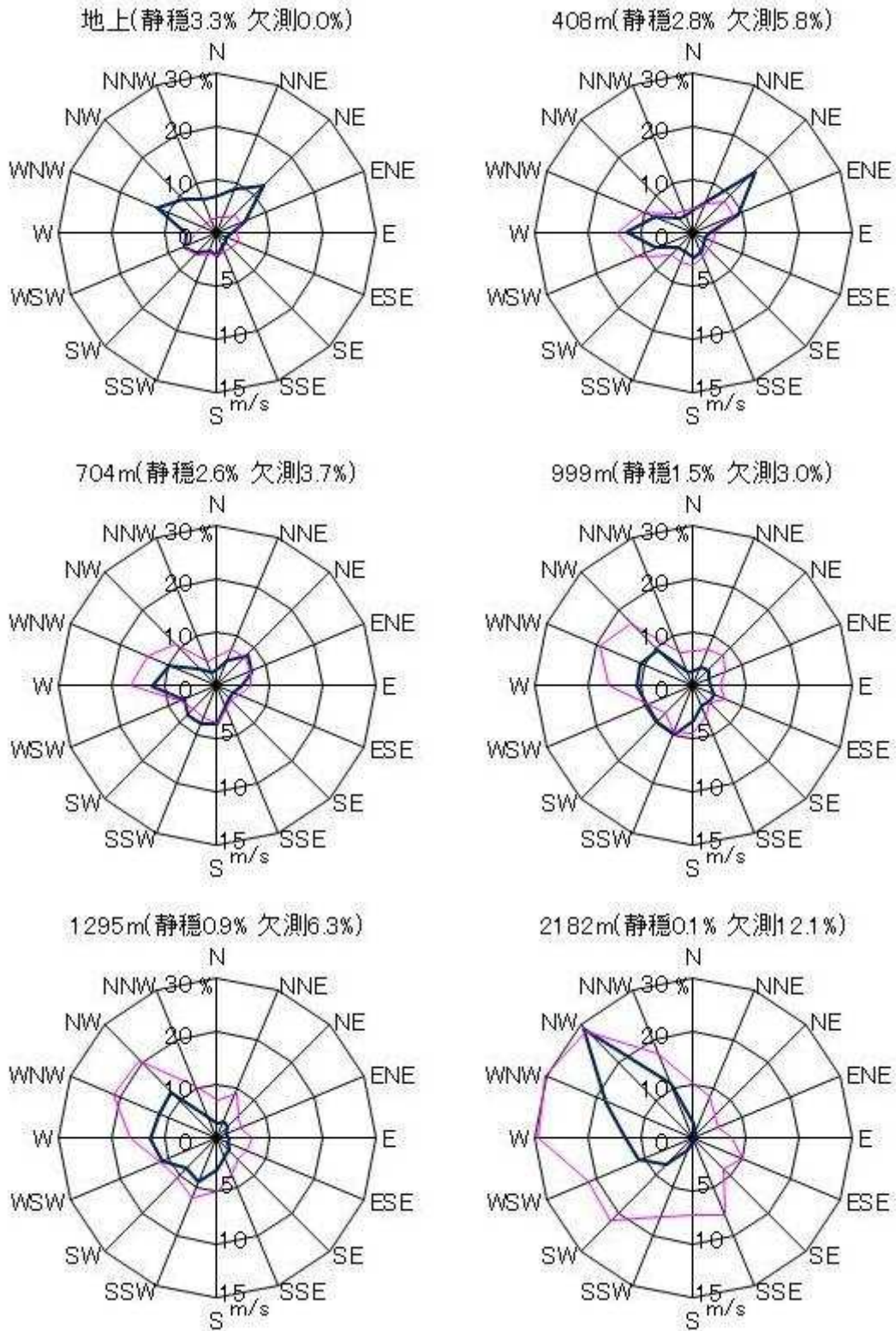


図 54 高度別風配図 (2006 年冬)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

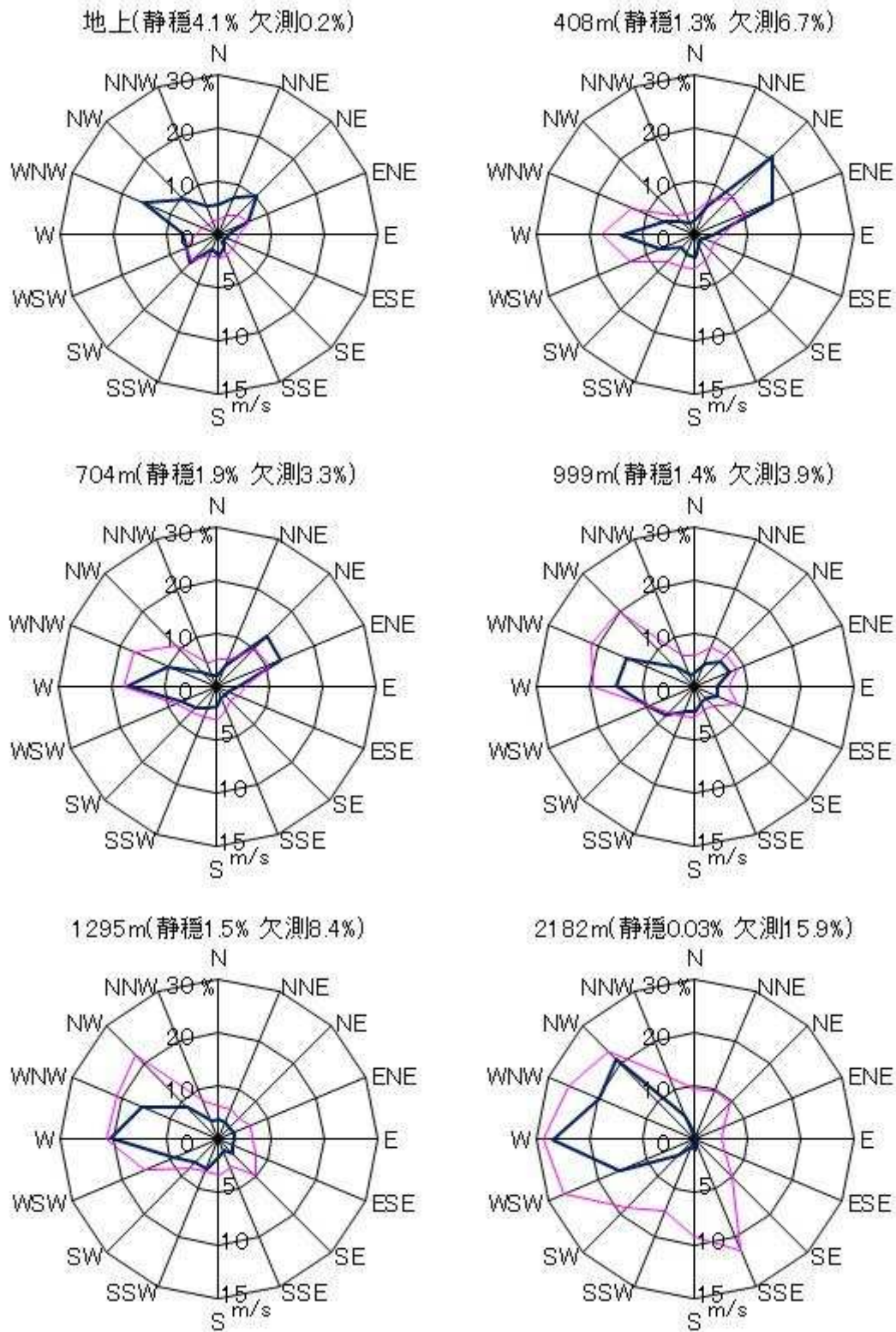


図 55 高度別風配図 (2007 年冬)[青 ; 風向頻度 (%)、ピンク ; 風向別平均風速 (m/s)]

4 考察

今回の解析の後段では、1年間のすべてのデータではなく、季節ごとに代表の月を定め解析をした。そのため、解析の前段では、1季3ヶ月分のデータから作成した風配図と季節の中央の1ヶ月分のデータから作成した風配図を比べ、相関係数を算出した。その結果、ほとんどが0.8以上の値を示したので、1季分を季節の中央の1ヶ月でほぼ代表させることが出来ることが証明できた。

地上は季節によって卓越する風向が違う。また、明確な卓越風向を持ちにくくなっている。これは、静岡地方気象台の周辺の建物等の地表面の摩擦と乱渦の摩擦の影響が大きいためである。

また、地上は南東側の有度山、久能山や西側の高草山の影響でこの方向の風向頻度が小さくなる。しかし、冬は西寄りの風が卓越する。これは、冬の北西の季節風が強いため高草山を越えられるからである。

408mと704mでは北東と南西から西の2方向に出現する。北側の山脈がこの2方向に分け、風の向きを整えている。408mでは北東方向に卓越することが多いが、704mでは西寄りに卓越することが多い。704mになると西側の高草山の影響を受けなくなるからである。ただし、冬は408mでも西が卓越する。

999m以上は西寄りの風が卓越する。偏西風によるものである。ただし、秋の999mは東北東に卓越する。

どの高度、季節も細かく見ると、毎年多少の違いはあるが、大きな変化は見られなかった。なお、気象庁(2009a,b)による長期の気象データを見ても大きくは変化していなかった。

IV まとめ

航空機の安全航行や大気汚染濃度予測に重要な上層風の特徴を明らかにするとともに、観測装置の有用性確認のため、2003年～2007年の5年間に静岡地方気象台で観測されたアメダスとウインドプロファイラのデータを統計解析し、地上から海拔2182mまでの風向出現頻度と風向別平均風速を表す風配図を年別、季節別、高度別に作成した。

まず、1年間の全データを用いて、季節を表す3ヶ月間の特性を季節の中央の1ヶ月間で代表できるかどうかを調べた結果、中央の1ヶ月で季節をほぼ代表できることがわかった。このような解析時の省力化に非常に有用な結論を5年間の統計解析に適用した。

5年間をまとめると、次のような季節の特徴がわかった。

地上は季節ごとに異なった風向頻度を持つ。春は風向が定まらず、夏は北東と南、秋は北寄り、冬は西寄りである。408mと704mの風向頻度の多い風向は北東と西である。特に冬は西寄りの風が多くなる。また、408mと704mは静岡市周辺の山の影響を大きく受けている。999m以上は秋を除き、概ね西寄りの風が卓越する。秋は999mで東北東寄りに卓越し、1295mで西風が増え、2182mではほ

とんど西風になる。408m 以上になると季節による変化は見られなくなる。また、高度が上がるにつれて、風向頻度は単純なものになる。上空にいくと地表面の摩擦等の影響を受けなくなること、周囲の山、特に北側の山脈によって風の向きが規制されることによる。

これらの結果から次のような実用面での予測ができる。その一つは、仮に、静岡市周辺に空港を建設するとしたら、飛行機が向かい風で離着陸できるように、滑走路の向きは地上での出現が比較的多い北東方向に向ける。二つ目は、仮に、静岡市沿岸に火力発電所や工場が建設された場合、排煙は北東風の影響で海岸線に沿うように流される。または西寄りの風の影響で駿河湾を東に横切っていくことが考えられる。

年別の解析では、季節別、高度別に見て風配図に特別の経年変化は表れず、高度差による特性にも特別な経年変化は表れなかった。従って、上層風の調査期間は、1年間と定めても良いことになる。この結論は、調査目的によって他の地点でも確認する必要があるが、調査費用などの実務的な面では、非常に大きな研究成果である。

上記のような有用な解析結果が得られたので、ウインドプロファイラという上層風観測装置の有用性も確認された。

また、掲載した解析図表の多くは、教育現場で不足しがちの気象学や環境科学の理科教育教材となりうる。

謝辞

当研究にあたり、山梨大学教育人間科学部理科教育講座（地学分野）准教授の角田謙朗理学博士、同じくソフトサイエンス講座環境科学コース（地学分野）の石垣武久准教授、および教育実践総合センター准教授の山下和之理学博士には、ご支援と励ましのお言葉をいただきました。また、静岡地方気象台ではウインドプロファイラ及び関連施設の見学をさせていただきました。また、当論文の前に、解析期間が1年間に限られるが、同様な研究を行った山梨大学の安達研究室卒業生の岩井彰弘氏（青年海外協力隊、西アフリカのベナン）には、その成果を活用させていただきました。以上の方々に深く感謝し、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 井出光美, 2009: 静岡における上層風の経年変化の研究—2003~2007年—, 山梨大学教育人間科学部・平成20年度卒業論文, 78pp.
- [2] 岩井彰弘, 2006: 静岡の上層風の特徴, 山梨大学教育人間科学部・平成17年度卒業論文, 46pp.
- [3] 岩井彰弘, 安達隆史, 2007: 静岡の上層風の統計解析, 山梨大学教育人間科学部紀要, 第8巻, 14-21.

- [4] 気象研究所 気象衛星・観測システム研究部, 1995 : ウインドプロファイラーによる気象の観測法の研究, 気象研究所研究報告, 第 35 号, 気象研究所, 88pp.
- [5] 小林隆久 (編集), 2004 : ウインドプロファイラー- 電波で探る大気の流れ-, 気象研究ノート, 第 205 号, (社) 日本気象学会, 202pp.
- [6] 気象庁, 2003~2007 : 気象庁月報 (CD-ROM), 平成 15 年 1 月~平成 19 年 10 月, (財) 気象業務支援センター
- [7] 気象庁, 2009a : 過去の気象データ検索ホームページ
(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)
- [8] 気象庁, 2009b : 東京管区気象台ホームページ
(http://www.tokyo-ma.go.jp/sub_index/fuuhai/fu656.htm)