

## 内湾・内海における気圧・風速・波高の季節別長期変動の特性

### Trend and Jump Characteristics of Season-Separated Data of Sea Level Pressures, Wind Speeds and Wave Heights in the Inner Bay Areas and the Inland Sea

山口正隆\*・野中浩一\*\*・畑田佳男\*\*\*

Masataka YAMAGUCHI\*, Hirokazu NONAKA\*\* and Yoshio HATADA\*\*\*

This paper presents the results of season-separated trend and jump analyses for 45-year data of measured sea level-corrected pressures at on-land meteorological stations, pressure-based wind speeds at coastal and sea stations and hindcast-based wave heights at sea stations in Kanto sea area including Tokyo Bay, Ise Bay area and the Seto Inland Sea area. The main conclusions are as follows; 1) High pressure-related mean data in winter at all stations indicate a statistically significant increasing trend, while the other mean data show a non-significant trend. 2) Strong wind speed-related mean data in summer yield increasing trends at the eastern stations and decreasing trends at the utmost western stations. 3) Large wave height-related mean data in both summer and winter at some stations of the Western Seto Inland Sea give either increasing or decreasing trends station by station. 4) Statistically significant trend in each data may be substantially replaced by jump putting a turning year on around 1986-1987.

*Key Words* ; 45-year data, sea level pressures, wind speeds, wave heights, trend and jump analyses, summer and winter, whole year, Kanto sea area, Ise Bay, the Seto Inland Sea

## 1. 緒 言

内湾・内海における海上風や波浪の極値を推定するために、山口ら<sup>[1], [2]</sup>は対象海域周辺に位置する気象官署で約100年間にわたり取得されてきた観測資料 (Surface Data Product, SDP 資料) のうち、SDP 風資料から対象海域の海上・沿岸観測地点の風を有意な精度で求めたのち、これらの資料等を用いて海上風分布を推定する方法を開発した。本方法の適用においては、SDP 風資料がもつ測風条件の経年変化に伴う非等質性を概略で除去したものの、結果の信頼性に不安を残すため、風やこれを用いて推定した波浪の長期変動を検討する場合に不確実性を伴う<sup>[3]</sup>。一方、SDP 風資料と同時に取得されてい

---

\*愛媛大学名誉教授

Prof. Emeritus, Ehime University

\*\* (前) 愛媛大学工学部環境建設工学科

(former) Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Ehime University

\*\*\*愛媛大学大学院理工学研究科 (工学系) 生産環境工学専攻

Engineering for Production and Environment, Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

原稿受理 平成24年10月5日

るSDP（海面更正）気圧資料は非等質性をほとんどもたないので、SDP気圧資料から推定した海上風資料と、これを入力条件とする波浪資料も非等質性の問題を免れると考えられる。こうした観点から、山口ら<sup>[4], [5]</sup>は東京湾を含む関東沿岸海域、伊勢湾、瀬戸内海の3海域の周辺陸域に位置する気象官署における1961～2005年（45年間）の1時間間隔SDP気圧資料を用いて、対象3海域の海上・沿岸観測地点における観測相当風を求めたのち、空間補間を通じて海上風分布を推定し、さらにこれを入力条件とする波浪推算を行った。そして各観測地点における観測気圧、観測相当（推算）海上風速、推算波高の45年間資料を解析し、各種年別平均値資料の傾向変動やジャンプの特性を調べた。

本研究では、同じ45年間の資料を各年4季節に分けて解析し、このうち夏季（6～8月、45年間）と冬季（12～2月、44年間）の気圧・風速・波高の各資料に含まれる長期変動、すなわち傾向変動および不連続的な変化（ジャンプ）の特性を調べる。解析では季節別の各種平均値資料と年別の各種平均値資料<sup>[4], [5]</sup>を使用するが、季節別資料においては標本の大きさの減少に伴う各種平均値の統計的変動の増大によって、季節別資料に対する解析結果の信頼性が通年資料の場合より低下する傾向をもつ点に留意する必要がある。

## 2. 海上風と波浪の推算方法および資料解析法

### 2.1 観測相当風と海上風分布の計算法<sup>[4]</sup>

Fig. 1は本研究で使用する気圧観測地点の位置を関東沿岸領域（17地点）、伊勢湾領域（10地点、

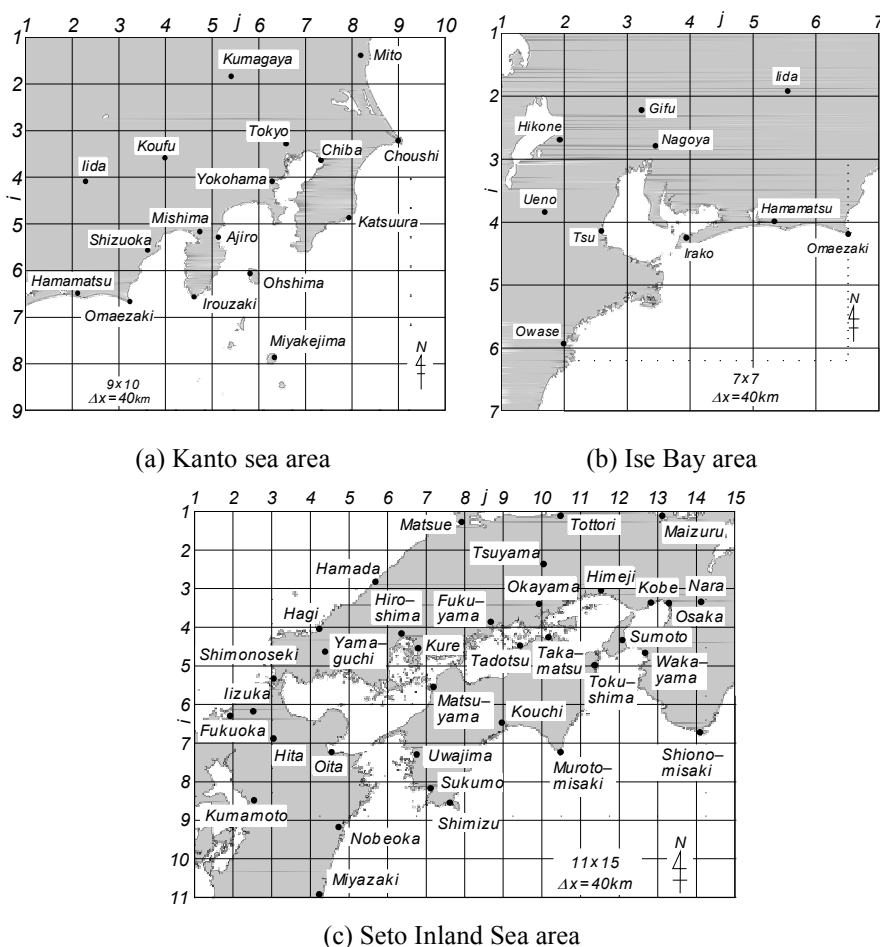


Fig. 1 Input points of measured atmospheric pressure on a 40 km-distance grid.

飯田, 御前崎, 浜松の3地点が関東沿岸領域のものと同重複), 瀬戸内海領域 (40 地点のうち, 図では西郷, 巖原, 福江, 長崎, 鹿児島) の5地点を除く領域内 35 地点) において示す。各領域の格子間隔は 40 km, 資料期間は 1961~2005 年の 45 年, 時間間隔は 1 時間である。1990 年以前の 3 時間間隔資料は 1 時間ごとに直線補間する。本研究では, 気圧・風速・波高の 3 要素について極値でなく気候学的特性を検討することから, 3 時間あるいは 1 時間の間の中間時点を生起時刻とする日別最低気圧観測値資料は使用しない。

SDP 気圧資料より, つぎの手順で海上風分布を求める。

- ①全観測地点の SDP 気圧資料から空間補間により 40 km 格子網上の気圧値を求める。
- ②傾度風近似に基づく 10 m 高度 (気圧) 風速を 40 km 格子網上で計算する。
- ③Fig. 2 に示す格子間隔 2 km の各海域格子網上の海上・沿岸観測地点における気圧風速を空間補間により求める。観測相当風向資料として SDP 風資料に基づく補間風向資料を用いる。
- ④海上・沿岸観測地点の観測風速と気圧風速の間で得た 2 種類の回帰式を順に用いて観測相当風速を求める。
- ⑤海上・沿岸観測地点の観測相当風と外洋境界上地点の入力風 (台風モデル風を組み込んだ表面風再

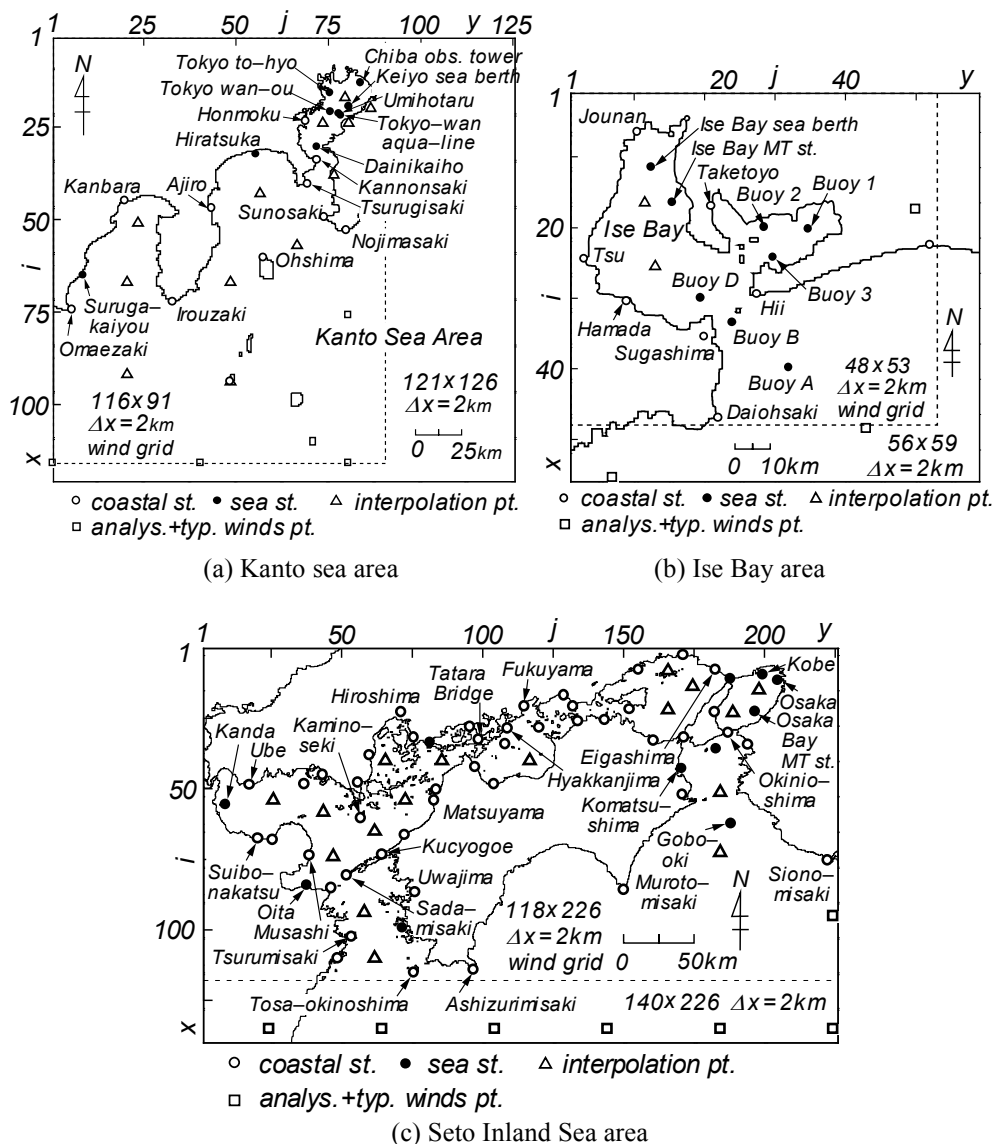


Fig. 2 Locations of points where wind data are given on the concerned sea area for estimating sea wind distribution.

解析 (NCEP 風) 資料) を 2 段階で空間補間し, Fig. 2 における海上風分布 (格子間隔 2 km) を求める。

## 2.2 波浪推算の方法<sup>[4]</sup>

波浪推算は Fig. 3 に示すように, 格子間隔 5 km の北西太平洋領域に格子間隔 1 km の小領域格子網 (関東沿岸海域) と 0.1 km の小格子網 (東京湾) を組み込んだ 3 段階高地形解像度格子網や, 0.1 km の小領域格子網 (伊勢湾) または 0.5 km の小領域格子網 (瀬戸内海) をそれぞれ組み込んだ 2 段階高地形解像度格子網において 1 点浅海モデルにより実施する。波浪推算 (観測) 地点は関東沿岸海域で 3 地点 (東京灯標, アシカ島, 平塚) と伊勢湾で 3 地点 (ブイ A, 浜田, 四日市), 瀬戸内海で 9 地点 (小松島, 沖ノ島南, MT 局, 神戸, 大阪, 三本松, 荻田, 大分, 佐田岬漁港) に加えて波浪観測資料が得られない福山と長浜の計 11 地点の合計 17 地点である。1 時間ごとの海上風分布は大領域では台風モデル風を埋込んだ NCEP 風資料の 80 km 間隔値, 内湾・内海では SDP 気圧・風資料に基づく海上風の 2 km 間隔値による。周波数成分の数は  $f=0.04\sim 1$  Hz を不等分割した 27 個, 方向成分の数は  $0\sim 360^\circ$  を  $10^\circ$  で等分割した 37 個とする。波浪推算の時間間隔は外洋から伝播する波浪の影響を受ける地点で 30 分, その影響が小さい内湾・内海の地点で 10 分である。

## 2.3 資料解析の方法

1961~2005 年 (45 年間) の 1 時間ごとの (海面更正) 気圧, (10 m 高度海上) 風速, (有義) 波高の各資料から 1 年ごとに通年 (1~12 月, 45 年間), 夏季 (6~8 月, 45 年間), 冬季 (12~2 月, 44 年間) について各期間単位 (年・季節・月) の気圧・風速・波高資料の平均値と標準偏差, 風速・波高資料に対して上位 1/10, 1/3, 1/2 の資料の平均値, 気圧資料に対して上位 1/3 と下位 1/10, 1/3, 1/2 の資料の平均値を求めた。ここでは, 夏季, 冬季, 通年の 1/3 最小・1/3 最大平均気圧差 (各平均値から 1,000 hPa を引いた値)  $\tilde{p}_{L/3}$ ,  $\tilde{p}_{H/3}$  および 1/3 最大平均風速  $U_{1/3}$  と 1/3 最大平均波高  $H_{s/3}$  のそれぞれの年別値を主な検討対象資料とする。1/3 最小平均気圧差  $\tilde{p}_{L/3}$  は気圧時別値資料の低い気圧部の特性を, 1/3 最大平均気圧差  $\tilde{p}_{H/3}$  は高い気圧部の特性を代表する。また 1/3 最大平均風速  $U_{1/3}$  と 1/3 最

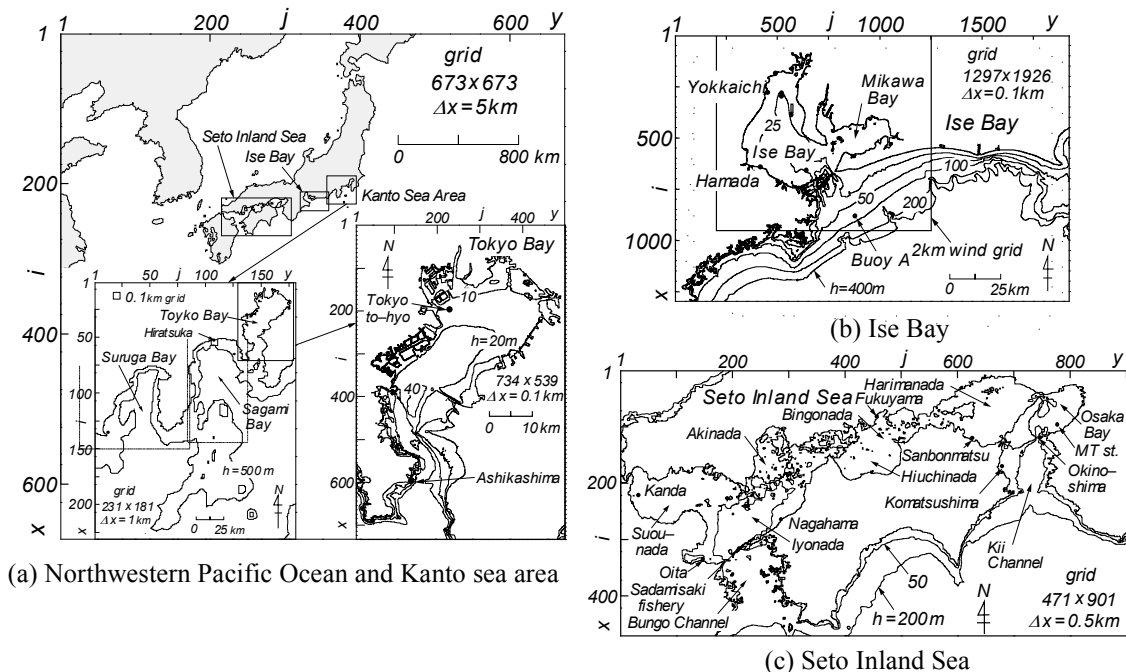


Fig. 3 A nested grid system used in wave hindcasting and location of wave measurement stations in any of Kanto sea area, Ise Bay and the Seto Inland Sea area.

大平均波高  $H_{s/3}$  はそれぞれ高風速部と高波高部を代表する。低風速部・低波高部資料は雑音的要素を多分に含むので、全資料の平均値の使用は避けた方がよいと考えた結果である。もちろん、気圧資料に対して  $\tilde{p}_{L/2}$  と  $\tilde{p}_{H/2}$ 、風速・波高資料に対して  $U_{1/2}$ 、 $H_{s/2}$  も利用可能であるが、ここでは下位側資料（気圧）や上位側資料（気圧・風速・波高）をより強く代表する 1/3 平均値を主に用いる。また限界値を 1/10 とする場合、個々の資料の変動（あるいは誤差）が強く反映されるので、1/10 平均値によって各要素の経年的な変動を議論するのは必ずしも好ましいとは言えない。

傾向変動の解析では各年別値の年系列資料にあてはめた直線の勾配値  $a=0$  という仮説に対する有意水準 5 % の片側  $t$  検定<sup>[6]</sup>に基づく勾配値  $a$  の変動範囲  $a_{95}$  を用い、 $\tilde{a} = a/a_{95}$  として  $\tilde{a} \geq 1$  の場合を統計的に有意な増加傾向あり（正の傾向変動、傾向変動指標  $L=1$ ）、 $\tilde{a} \leq -1$  の場合を統計的に有意な減少傾向あり（負の傾向変動、傾向変動指標  $L=-1$ ）、 $|\tilde{a}| < 1$  の場合を統計的に有意な増加・減少傾向なし（傾向変動なし、 $L=0$ ）、とする。ここに、 $\tilde{a}$  を傾向変動強度指数と称する。また別の指標として鈴木<sup>[7]</sup>によるトレンド示数  $I_t$  も補助的に用いる。有意水準 5 % の片側検定において基準化したトレンド示数を  $\tilde{I}_t = I_t/1.645$  として、 $\tilde{I}_t \geq 1$  の場合を正の傾向変動あり、 $\tilde{I}_t \leq -1$  の場合を負の傾向変動あり、 $|\tilde{I}_t| < 1$  の場合を傾向変動なし、とする。 $\tilde{I}_t$  はもう 1 つの傾向変動強度指数である。

ジャンプの解析では、各年別値（夏、冬、通年）の年系列資料から求めた前半期間（1961～1986 年、26 年間）と後半期間（1987～2005 年、19 年間）の部分期間資料に対する Mann-Whitney の片側  $U$  検定<sup>[6]</sup>を用いる。 $U$  検定における  $z$  値と有意水準 5 % の値に対する正規分布の  $z_{95}$  値の比  $\tilde{z} = z/z_{95}$  によって、 $\tilde{z} \geq 1$  の場合を統計的に有意な正のジャンプあり、 $\tilde{z} \leq -1$  の場合を統計的に有意な負のジャンプあり、 $|\tilde{z}| < 1$  の場合を統計的に有意なジャンプなし、とする。 $\tilde{z}$  の絶対値はジャンプの強さを表すことから、 $\tilde{z}$  をジャンプ強度指数と称する。ジャンプの境目の年を 1986 年と 1987 年の間とするのは資料の特性をみて判断した結果であり、資料の種類によっては 1～2 年変わることもありうる。なお、低い部分の気圧（添字  $pL$ ）、高い部分の気圧（ $pH$ ）、風速（ $U$ ）、波高（ $H$ ）に対してそれぞれ下付き添字を、夏（ $s$ ）、冬（ $w$ ）、通年（ $y$ ）と 1986 年以前の前半期(1)、1987 年以降の後半期(2)とそれぞれ上付き添字を付加する。因みに、冬季 1/3 最大平均気圧差資料  $\tilde{p}_{H/3}^{(w)}$  に対して ( $\tilde{a}_{pH}^{(w)}$ ,  $\tilde{I}_{pH}^{(w)}$ ,  $L_{pH}^{(w)}$ ,  $\tilde{z}_{pH}^{(w)}$ ,  $\tilde{a}_{pH}^{(w)1}$ ,  $\tilde{a}_{pH}^{(w)2}$ ) と表記する。以下では、上付き添字は状況に応じて適宜付加する。

### 3. 気圧・風速・波高資料の検討

#### 3.1 風速および波高の観測資料との比較

Fig. 4 は東京湾内に位置する京葉シーバースにおける月別 1/3 最大平均風速  $U_{1/3}$  の経月変化および瀬戸内海西部海域の豊後水道佐田岬半島先端近くの豊後水道側に位置する佐田岬漁港における月別 1/3 最大波高  $H_{s/3}$  の経月変化を示す。また Fig. 5 はそれぞれの散布図を与える。各経月変化図において推算値は観測値によく追従するようにみえる。しかし、散布図によれば、月別風速  $U_{1/3}$  は原点を通る 45° 直線のまわりに、ある程度ばらついてプロットされる。その特性は相関係数  $\rho(U_{1/3})=0.45$  という 1 よりかなり小さい値と勾配値  $a_0(U_{1/3})=1.01$  により代表される。一方、月別波高  $H_{s/3}$  はもともと月別値の年変動幅（年較差）が大きいので、各資料が縦軸・横軸の広い範囲にプロットされ、しかも各資料の 45° 直線からのへだたりが小さいことから、相関係数  $\rho(H_{s/3})=0.93$ 、勾配値  $a_0(H_{s/3})=1.03$  とそれぞれ 1 に近い値を与える。要するに、佐田岬漁港では  $H_{s/3}$  に関して推算値と観測値の対応はかなりよい。なお、対象地点すべてについて平均期間を年、季節で見れば、平均期間の長い年別値では推算値と観測値はある程度よく対応するけれども、平均期間が 1/4 になる季節別値では両者に乖離が目立つケースも増加する傾向にあるのは否めない。



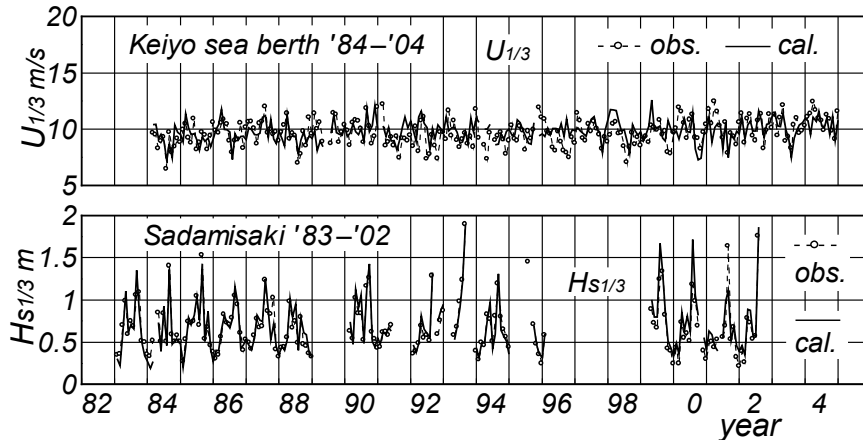


Fig. 4 Time series of monthly-grouped highest 1/3 mean wind speed  $U_{1/3}$  obtained from hindcasts and measurements at Keiyo sea berth in Tokyo Bay and those of monthly-grouped highest 1/3 mean wave height  $H_{s1/3}$  at Sadamisaki fishery in the Seto Inland Sea.

### 3.2 気圧の傾向変動

Fig. 6 は 1961~2005 年の夏季(s), 冬季(w), 通年(y)の年別 1/3 最小平均気圧差  $\tilde{p}_{L1/3}^{(s)}$ ,  $\tilde{p}_{L1/3}^{(w)}$ ,  $\tilde{p}_{L1/3}^{(y)}$  および夏季, 冬季, 通年の年別 1/3 最大平均気圧差  $\tilde{p}_{H1/3}^{(s)}$ ,  $\tilde{p}_{H1/3}^{(w)}$ ,  $\tilde{p}_{H1/3}^{(y)}$  の経年変化を東京について与える。各気圧差年系列は, よく知られている 1963 年 1 月の異常に低い気圧の影響を受けた 1963 年冬季 1/3 最小平均気圧差値を含む  $\tilde{p}_{L1/3}^{(w)}$  資料を除いて, 年ごとの多少の変動を伴うだけ目立った特徴を示さないが, 冬季 1/3 最大平均気圧差  $\tilde{p}_{H1/3}^{(w)}$  の年系列は増加傾向をもつようにみえる。また 1986~1987 年を境とする正のジャンプがあるようにもみえる。有意水準 5% の片側  $t$  検定では, 夏

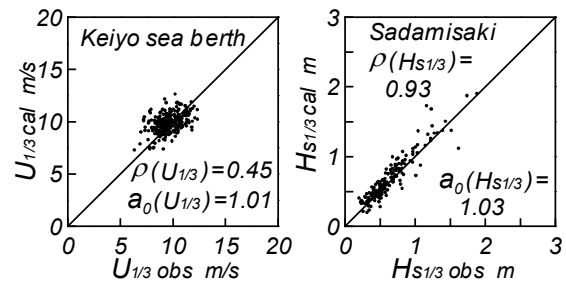


Fig. 5 Scatter diagram between hindcasts and measurements for  $U_{1/3}$  at Keiyo sea berth in Tokyo Bay and that for  $H_{s1/3}$  at Sadamisaki fishery in the Seto Inland Sea.

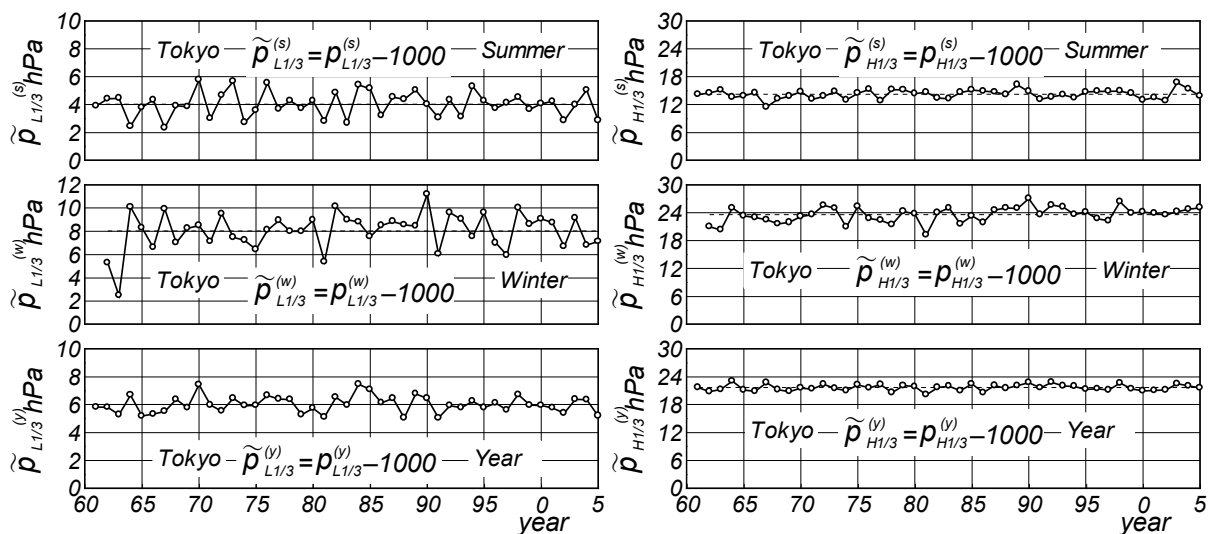


Fig. 6 Interannual variations of lowest 1/3 mean pressure differences in any of summer, winter and year  $\tilde{p}_{L1/3}^{(s)}$ ,  $\tilde{p}_{L1/3}^{(w)}$ ,  $\tilde{p}_{L1/3}^{(y)}$  and those of corresponding highest 1/3 mean values  $\tilde{p}_{H1/3}^{(s)}$ ,  $\tilde{p}_{H1/3}^{(w)}$ ,  $\tilde{p}_{H1/3}^{(y)}$  at Tokyo.

季の  $\tilde{p}_{L/3}^{(s)}$  に対して  $\tilde{a}_{pL}^{(s)}=0.08 (L_{pL}^{(s)}=0)$ ,  $\tilde{I}_{pL}^{(s)}=-0.05$ ,  $\tilde{z}_{pL}^{(s)}=0.15$ , 冬季の  $\tilde{p}_{L/3}^{(w)}$  に対して  $\tilde{a}_{pL}^{(w)}=0.76 (L_{pL}^{(w)}=0)$ ,  $\tilde{I}_{pL}^{(w)}=0.67$ ,  $\tilde{z}_{pL}^{(w)}=0.54$ , 通年の  $\tilde{p}_{L/3}^{(y)}$  に対して  $\tilde{a}_{pL}^{(y)}=0.07 (L_{pL}^{(y)}=0)$ ,  $\tilde{I}_{pL}^{(y)}=0.09$ ,  $\tilde{z}_{pL}^{(y)}=-0.31$  をとり, また夏季の  $\tilde{p}_{H/3}^{(s)}$  に対して  $\tilde{a}_{pH}^{(s)}=0.71 (L_{pH}^{(s)}=0)$ ,  $\tilde{I}_{pH}^{(s)}=0.52$ ,  $\tilde{z}_{pH}^{(s)}=0.31$ , 冬季の  $\tilde{p}_{H/3}^{(w)}$  に対して  $\tilde{a}_{pH}^{(w)}=1.68 (L_{pH}^{(w)}=1)$ ,  $\tilde{I}_{pH}^{(w)}=1.57$ ,  $\tilde{z}_{pH}^{(w)}=1.87$ , 通年の  $\tilde{p}_{H/3}^{(y)}$  に対して  $\tilde{a}_{pH}^{(y)}=0.14 (L_{pH}^{(y)}=0)$ ,  $\tilde{I}_{pH}^{(y)}=0.38$ ,  $\tilde{z}_{pH}^{(y)}=0.54$  を示す。すなわち, 冬季において高い気圧部を代表する  $\tilde{p}_{H/3}^{(w)}$  は統計的に有意な正の増加傾向および正のジャンプを与え, その強度もある程度有意な大きさをもつ。期間別では  $\tilde{p}_{H/3}^{(w)}$  は 1986 年以前の前半期間の資料に対して期間別傾向変動強度指数  $\tilde{a}_{pH}^{(w)1}=0.18$ , 1987 年以降の後半期間の資料に対して  $\tilde{a}_{pH}^{(w)2}=-0.77$  と, いずれも有意な傾向変動を与えないことから,  $\tilde{p}_{H/3}^{(w)}$  は正の傾向変動というよりむしろ 1986~1987 年を境とする統計的に有意な正のジャンプ ( $\tilde{z}_{pH}^{(w)}=1.87$ ) をもつと言える。一方,  $\tilde{p}_{H/3}^{(w)}$  を除く他の 5 つの統計量  $\tilde{p}_{L/3}^{(s)}$ ,  $\tilde{p}_{L/3}^{(w)}$ ,  $\tilde{p}_{L/3}^{(y)}$ ,  $\tilde{p}_{H/3}^{(s)}$ ,  $\tilde{p}_{H/3}^{(y)}$  は有意な傾向変動やジャンプを与えない。とくに, 低い気圧部を代表する  $\tilde{p}_{L/3}^{(w)}$  に対する傾向変動の判別結果には 1963 年の異常に低い気圧の影響は現われていない。

Fig. 7 は夏季, 冬季, 通年の年別気圧差資料の各種平均統計量 ( $\tilde{p}_{L/10}$ ,  $\tilde{p}_{L/3}$ ,  $\tilde{p}_{L/2}$ ,  $\tilde{p}_m$ ,  $\tilde{p}_{H/3}$ ) に対する傾向変動強度指数  $\tilde{a}_p$  と  $\tilde{I}_{tp}$  の関係をそれぞれ示す。添字  $m$  は平均値を表す。各種平均値資料は 45° 直線のまわり

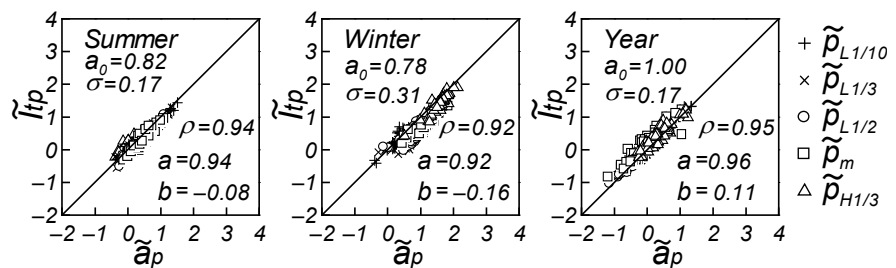


Fig. 7 Scatter diagram between trend strength indices  $\tilde{a}_p$  and  $\tilde{I}_{tp}$  for various kinds of mean sea level pressure in any of summer, winter and year.

ら, 粗い近似では  $\tilde{a}_p$  と  $\tilde{I}_{tp}$  はほぼ符合すると言える。  $\tilde{a}_p$  や  $\tilde{I}_{tp}$  は夏季と冬季の各種平均値資料において多くを正の値とする。このうち,  $\tilde{a}_p > 1$  や  $\tilde{I}_{tp} > 1$  の資料は夏季には少数に限られるのに対して, 冬季には  $\tilde{p}_{H/3}^{(w)}$  の場合に最も多く, ついで  $\tilde{p}_m^{(w)}$  の場合となる。つまり, 検討対象とした関東地方の水戸から九州南部の鹿児島に至る地域では, 冬季の高い気圧部を代表する  $\tilde{p}_{H/3}^{(w)}$  が経年的に増加傾向 (あるいは後出の解析では正のジャンプ) を示す。なお, 通年単位では大部分の各種平均値資料は  $|\tilde{a}_p| < 1$  や  $|\tilde{I}_{tp}| < 1$  の値をとり, 傾向変動をもたない。わずかな数の各種平均値資料が正または負の有意な傾向変動を与えるに過ぎない。

Fig. 8 は  $\tilde{p}_{L/3}$  の年系列資料における傾向変動強度指数  $\tilde{a}_{pL}$  とジャンプ強度指数  $\tilde{z}_{pL}$  および期間別傾向変動強度指数  $\tilde{a}_{pL}^1$ ,  $\tilde{a}_{pL}^2$  の地点別プロットを夏季, 冬季, 通年の順に示す。地点数は関東地方の水戸から西側へ向けて九州地方の鹿児島に至る 61 である。低い気圧部を代表する  $\tilde{p}_{L/3}$  については  $1 < \tilde{a}_{pL} < 1.3$  の弱い正の傾向変動を示す地点が夏季, 冬季ともにみられ, その数はとくに舞鶴より西側の 30 地点のうち夏季で 8 地点, 冬季で 7 地点になる。通年単位では傾向変動はみられない。全体的に傾向変動強度指数  $\tilde{a}_{pL}$  は統計的有意性をほとんど示さないものの, 東から西の地点に向けて増加傾向にあり, 冬季より夏季にこの傾向が著しい。通年ではこれはほとんどみられない。ジャンプ強度指数  $\tilde{z}_{pL}$  は傾向変動強度指数  $\tilde{a}_{pL}$  に連動して変化し, 夏季に明確にみられる。ただし,  $\tilde{z}_{pL}$  は  $\tilde{a}_{pL}$  よりやや小さい値をとることから,  $\tilde{a}_{pL} \geq 1$  の地点のなかで  $\tilde{z}_{pL} \geq 1$  を与える地点数は夏季で上記の 8 地点のうち 3 地点 ( $1 < \tilde{z}_{pL} < 1.3$ ), 冬季で上記の 7 地点のうち 0 である。通年では  $\tilde{a}_{pL}^{(y)}=-0.90$ ,  $\tilde{z}_{pL}^{(y)}=-1.01$  をとる洲本を除いて 60 地点で  $|\tilde{a}_{pL}^{(y)}| < 1$  かつ  $|\tilde{z}_{pL}^{(y)}| < 1$  である。期間別変動強度指数は夏季には前半期間 ( $\tilde{a}_{pL}^{(s)1}$ ) で地点間の変化を伴わないが, 後半期間 ( $\tilde{a}_{pL}^{(s)2}$ ) で東から西の地点にかけて増加する。しかし, 両期間で  $|\tilde{a}_{pL}^{(s)1}| < 1$  かつ  $|\tilde{a}_{pL}^{(s)2}| < 1$  であり, 統計的に有意な傾向変動を与えない。冬季には前半期間の  $\tilde{a}_{pL}^{(w)1}$  は 1 前後の値,

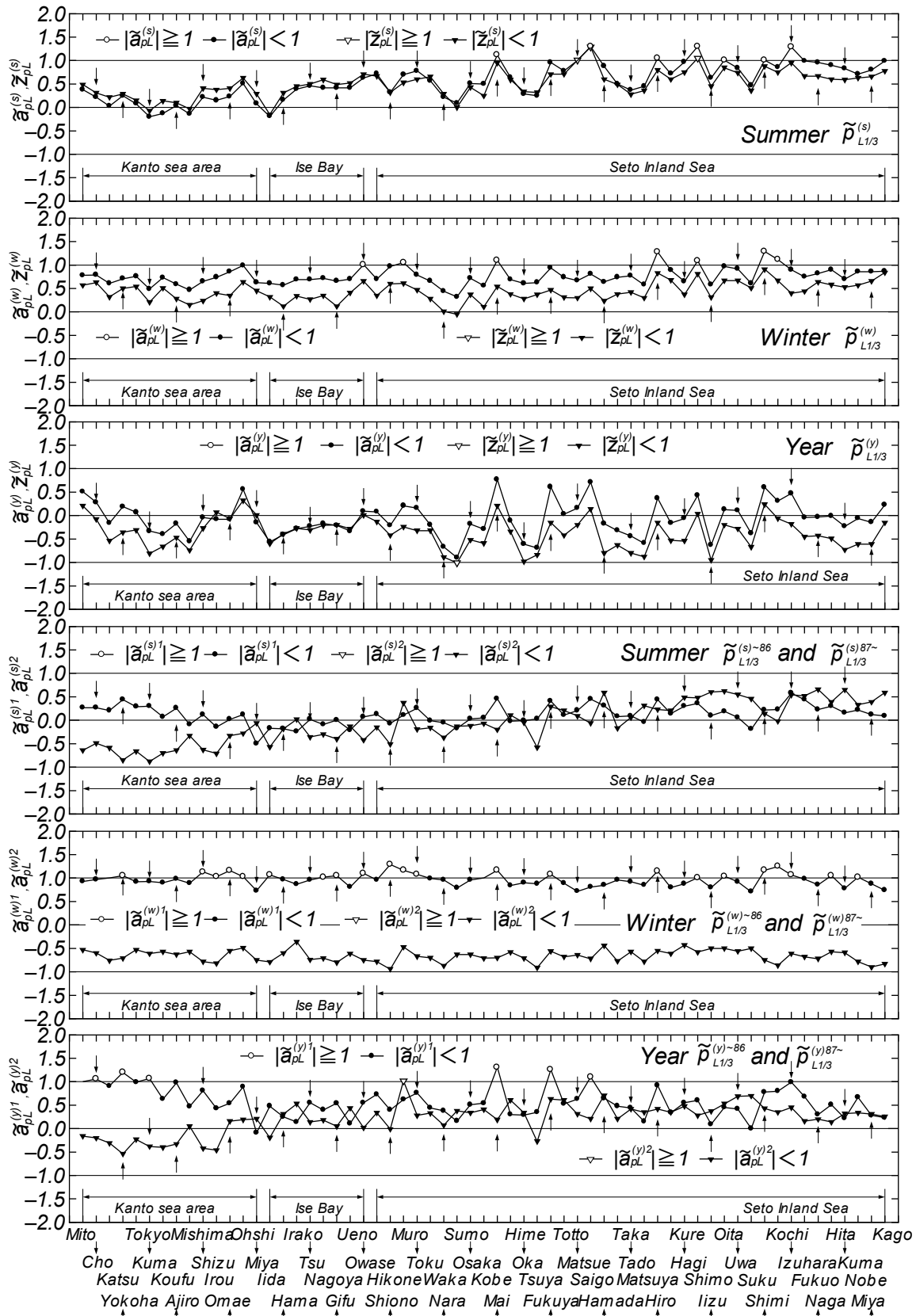


Fig. 8 Alongshore plots of trend intensity indices  $\tilde{a}_{pL}$ ,  $\tilde{a}_{pL}^1$ ,  $\tilde{a}_{pL}^2$  and jump intensity index  $\tilde{z}_{pL}$  in annual series of lowest 1/3 mean pressure  $\tilde{p}_{L/3}$ , in cases where the averaging period is any of summer, winter and year.



後半期間の  $\tilde{a}_{pL}^{(w)2}$  は -1 ~ -0.5 の値をとり、期間別資料の  $\tilde{a}_{pL}^{(w)1}$  と  $\tilde{a}_{pL}^{(w)2}$  が典型的に正負の符号を異にするものの、地点間の変化が小さい。前半期間の  $\tilde{a}_{pL}^{(w)1}$  は 1 を越える地点でもせいぜい 1.2 であるので、弱い正の傾向変動を示唆するにとどまる。通年では  $\tilde{a}_{pL}^{(y)1}$  と  $\tilde{a}_{pL}^{(y)2}$  は両季節の特性が重なった挙動を示し、結果的には前半期間で  $\tilde{a}_{pL}^{(y)1} = 1 \sim 1.3$  の地点が 7 地点である。水戸から鹿児島に至る 61 地点の 1/3 最小平均気圧差年系列資料 (1961 ~ 2005 年) は年のみならず夏季や冬季においても統計的に有意な傾向変動やジャンプをほとんどもたず、例外的に夏季に舞阪以西の少数の地点でごく弱い傾向変動やジャンプを示すに過ぎない。

Fig. 9 は  $\tilde{p}_{H1/3}$  の年系列資料に対して Fig. 8 と同様の結果を与える。高い気圧部を代表する  $\tilde{p}_{H1/3}$  は、夏季には水戸を除くいずれの地点においても有意な傾向変動を示さないが、冬季には水戸から鹿児島に至るすべての検討地点で相対的に強い正の傾向変動 (61 地点のうち 48 地点で  $1.5 < \tilde{a}_{pH}^{(w)} < 2$ , 13 地点で  $1 \leq \tilde{a}_{pH}^{(w)} \leq 1.5$ ) をもつ。通年単位では、舞鶴より西側の 4 地点で弱い正の傾向変動 ( $1 < \tilde{a}_{pH}^{(y)} < 1.2$ ) を与えるに過ぎず、他の地点ではすべて  $|\tilde{a}_{pH}^{(y)}| < 1$  をとり、傾向変動を示さない。 $\tilde{z}_{pH}$  は夏季、冬季、通年のいずれのケースでも  $\tilde{a}_{pH}$  と連動し、とくに有意な傾向変動がみられる冬季の  $\tilde{a}_{pH}^{(w)}$  のケースで著しい。この結果、夏季ではいずれの地点でも  $\tilde{z}_{pH}^{(s)}$  は統計的に有意なジャンプの存在を示唆しないのに対して、冬季では  $\tilde{z}_{pH}^{(w)}$  は 61 地点のうち 59 地点で有意なジャンプを与える。このうち水戸から鹿児島の間 48 地点で  $1.5 < \tilde{z}_{pH}^{(w)} < 2.1$  を示し、 $1.1 < \tilde{z}_{pH}^{(w)} < 1.5$  をとる残り 11 地点の中で 10 地点が浜田以西に位置する。期間別資料の  $\tilde{a}_{pH}^1$ ,  $\tilde{a}_{pH}^2$  は夏季には  $|\tilde{a}_{pH}^{(s)1}| < 1$ ,  $|\tilde{a}_{pH}^{(s)2}| < 1$  で、1986 年以前では大部分の地点で  $\tilde{a}_{pH}^{(s)1} = 0 \sim 0.5$ , 1987 年以降では  $\tilde{a}_{pH}^{(s)2} = -0.2 \sim 0.3$  の範囲にある。つまり、夏季には  $\tilde{p}_{H1/3}^{(s)}$  の年系列資料に対して傾向変動もジャンプも検出されない特徴を支持する。

冬季には 1986 年以前の前半期資料で  $\tilde{a}_{pH}^{(w)1}$  は東側の地点の 0.1 から西側の地点の 1 へと西に向けて漸増し、1987 年以降の後半期資料で  $\tilde{a}_{pH}^{(w)2}$  は -1 前後の値 (-1.5 ~ -0.4) の値をとり、西側の地点で 0 に近づく傾向を示す。こうした期間別資料の  $\tilde{a}_{pH}^{(w)1}$  と  $\tilde{a}_{pH}^{(w)2}$  の値を考慮すると、冬季年別資料  $\tilde{p}_{H1/3}^{(w)}$  は 1986 ~ 1987 年を境とする統計的に有意なジャンプの特性をもつと判断される。

通年単位では  $\tilde{z}_{pH}^{(y)} > 1$  をとる地点は飯田以西の 10 地点であるが、その最大値は 1.4 となってジャンプの強度はあまり強くない。通年単位の期間別資料による  $\tilde{a}_{pH}^{(y)1}$  と  $\tilde{a}_{pH}^{(y)2}$  の地点間の挙動は冬季ケースの  $\tilde{a}_{pH}^{(w)1}$  と  $\tilde{a}_{pH}^{(w)2}$  のそれと類似するが、1987 年以降の後半期資料の  $\tilde{a}_{pH}^{(y)2}$  が西に位置する地点ほど -1 を大きく下まわり、負の強い傾向変動を示す。通年の  $\tilde{p}_{H1/3}^{(y)}$  の年系列資料には統計的に有意な傾向変動やジャンプの特性はほとんど認められないが、舞鶴以西の 4 地点で正の弱いジャンプが検出される。これはジャンプというよりむしろ  $\tilde{p}_{H1/3}^{(y)}$  の年別資料の前半期間の増加傾向と後半期間の減少傾向を表すと考えられる。大略では、水戸 ~ 鹿児島間の気圧観測地点で冬季の高い気圧部を代表する上位 1/3 最大平均気圧差資料  $\tilde{p}_{H1/3}^{(w)}$  が統計的に有意な正の傾向変動をもつが、これはむしろ 1986 ~ 1987 年を境とするジャンプを表すと言える。

### 3.3 風速の傾向変動

Fig. 10 は 45 年間の 10 m 高度海上風速資料より得た夏季、冬季、通年の年別 1/3 最大平均風速  $U_{1/3}^{(s)}$ ,  $U_{1/3}^{(w)}$ ,  $U_{1/3}^{(y)}$  の経年変化を伊勢湾シーバースについて示す。これらは顕著な経年変動を伴わないが、夏季と通年の資料には経年的な増加傾向あるいはジャンプがあるように見える。傾向変動・ジャンプ解析によれば、夏季では  $\tilde{a}_U^{(s)} = 1.52$  ( $L_U^{(s)} = 1$ ),  $\tilde{I}_U^{(s)} = 1.45$ ,  $\tilde{z}_U^{(s)} = 1.84$ , 冬季では  $\tilde{a}_U^{(w)} = 0.76$  ( $L_U^{(w)} = 0$ ),  $\tilde{I}_U^{(w)} = 0.59$ ,  $\tilde{z}_U^{(w)} = 0.89$ , 通年では  $\tilde{a}_U^{(y)} = 1.66$  ( $L_U^{(y)} = 1$ ),  $\tilde{I}_U^{(y)} = 1.47$ ,  $\tilde{z}_U^{(y)} = 1.52$  であるから、夏季と通年の年別資料は統計的に有意な増加傾向あるいはジャンプをもち、通年の年別資料の場合にその傾向がより強い特性が示唆される。また、夏季の前半期資料で  $\tilde{a}_U^{(s)1} = -0.64$ , 後半期資料で  $\tilde{a}_U^{(s)2} = 0.45$  であるから、夏季の  $U_{1/3}^{(s)}$

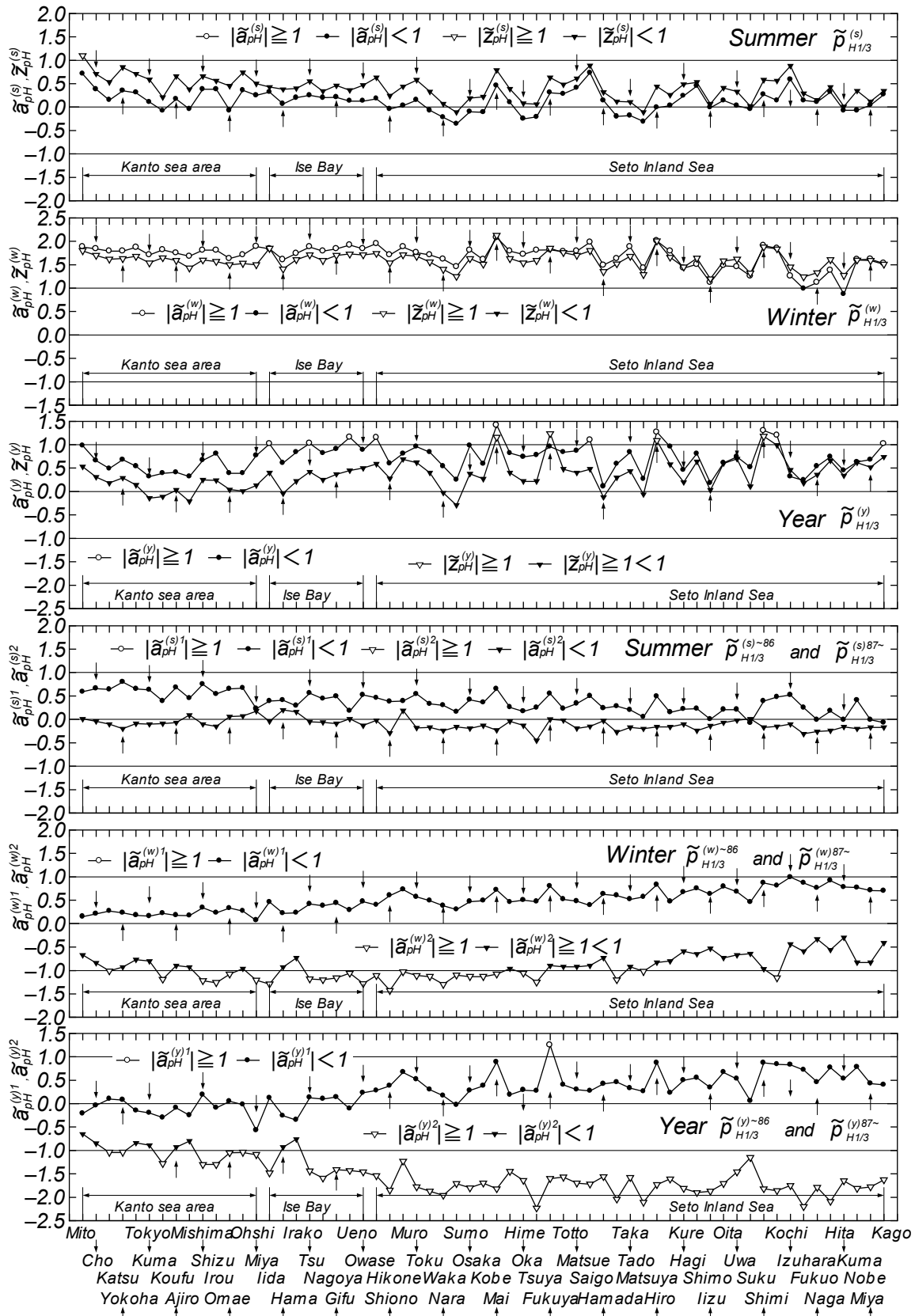


Fig. 9 Alongshore plots of trend intensity indices  $\tilde{a}_{pH}$ ,  $\tilde{a}_{pH}^1$ ,  $\tilde{a}_{pH}^2$  and jump intensity index  $\tilde{z}_{pH}$  in annual series of highest 1/3 mean pressure  $\tilde{p}_{H/3}$ , in cases where the averaging period is any of summer, winter and year.

年別資料は統計的に有意な一方向的増加傾向よりむしろ、1986～1987年を境とする有意なジャンプの挙動を示唆する。通年の前半期資料では $\tilde{a}_U^{(y)1}=1.40$ 、後半期資料では $\tilde{a}_U^{(y)2}=-1.84$ であるから、各期間の有意な増加・減少傾向とともに有意なジャンプの挙動を与える。

Fig. 11は各種平均統計量( $U_{1/10}$ ,  $U_{1/3}$ ,  $U_{1/2}$ ,  $U_m$ ,  $U_\sigma$ )に対する傾向変動強度指数 $\tilde{a}_U$ と $\tilde{I}_{UV}$ の散布図を夏季、冬季、通年の各ケースについて図示する。ここに、添字 $\sigma$ は標準偏差を表す。この場合も各資料値は原点を通る45°直線のまわりにプロットされることから、近似的に $\tilde{a}_U \approx \tilde{I}_{UV}$ が成立し、両者の値はほぼ符合する。したがって、 $\tilde{a}_U$ と $\tilde{I}_{UV}$

は傾向変動に対してほぼ同等の判別結果を生じる。図によると、夏季には $\tilde{a}_U$ ,  $\tilde{I}_{UV}$ のいずれも正の値を与え、 $|\tilde{a}_U| < 1$ かつ $|\tilde{I}_{UV}| < 1$ をとる標準偏差に対する資料値を除いて、多くの資料値が $\tilde{a}_U > 1$ かつ $\tilde{I}_{UV} > 1$ の値をもち、全体として統計的に有意な正の傾向変動を示す。冬季では $\tilde{a}_U$ や $\tilde{I}_{UV}$ の値が夏季に比べて小さくなり、 $\tilde{a}_U < 0$ かつ $\tilde{I}_{UV} < 0$ をとる資料値も多くみられるし、 $\tilde{a}_U < -1$ かつ $\tilde{I}_{UV} < -1$ をとる資料値も少数ながらある。冬季でも標準偏差に対する資料値は $|\tilde{a}_U| < 1$ かつ $|\tilde{I}_{UV}| < 1$ に納まるケースが多い。通年では資料値は夏季と冬季の結果を合成したような分布状況を示し、

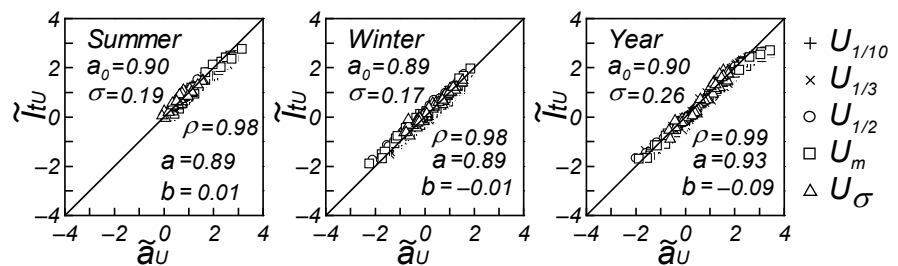


Fig. 11 Scatter diagram between trend strength indices  $\tilde{a}_U$  and  $\tilde{I}_{UV}$  for various kinds of mean wind speed in any of summer, winter and year.

( $\tilde{a}_U > 1$ ,  $\tilde{I}_{UV} > 1$ ), ( $\tilde{a}_U < -1$ ,  $\tilde{I}_{UV} < -1$ ), ( $|\tilde{a}_U| < 1$ ,  $|\tilde{I}_{UV}| < 1$ )の3種類に全資料がほぼ分類される。なお、標準偏差に対する $\tilde{a}_U$ や $\tilde{I}_{UV}$ は $\pm 1$ の範囲内に納まるケースが多く、他の平均統計量に対する $\tilde{a}_U$ や $\tilde{I}_{UV}$ と異質の挙動を示すこと、計算に使用する資料数を上位1/10に限定する $U_{1/10}$ は相対的に強い統計的変動をもち、この特性が $\tilde{a}_U$ や $\tilde{I}_{UV}$ に反映される傾向にあることを考慮すると、安定した傾向変動解析結果を得るためには、 $U_\sigma$ と $U_{1/10}$ を検討対象から除外した方がよいかもしれない。

Fig. 12は夏季、冬季、通年の1/3最大平均風速 $U_{1/3}$ の各資料から得た $\tilde{a}_U$ と $\tilde{z}_U$ および期間別資料から得た $\tilde{a}_U^1$ ,  $\tilde{a}_U^2$ の地点別プロットをそれぞれ与える。対象地点は東京灯標から西側へ向けて足摺岬灯台に至る60地点である。夏季では $\tilde{a}_U^{(s)}$ は東側の地点から西側の地点に向けて多少の変動を伴いながら概略3段階でステップ状に減少し、伊勢湾内地点までは $\tilde{a}_U^{(s)} > 1$ (有意な増加傾向)、潮岬～福山で $\tilde{a}_U^{(s)} \approx 1$ (ごく弱い増加傾向)、瀬戸内海中部海域の百貫島灯台以西で $0 < \tilde{a}_U^{(s)} < 1$ (傾向変動なし)という挙動を示す。 $\tilde{a}_U^{(s)}$ と同程度の値をとる $\tilde{z}_U^{(s)}$ も西側地点に向けた同様の挙動を与える。1986～1987年を境と

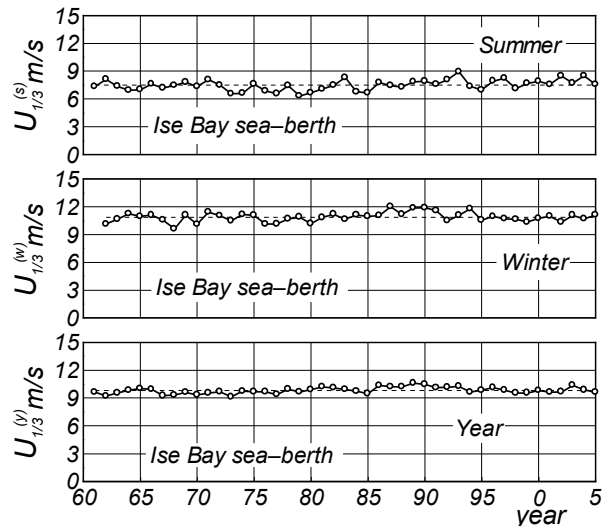


Fig. 10 Interannual variations of highest 1/3 mean wind speed in any of summer, winter and year  $U_{1/3}^{(s)}$ ,  $U_{1/3}^{(w)}$ ,  $U_{1/3}^{(y)}$  at Ise Bay sea-berth.

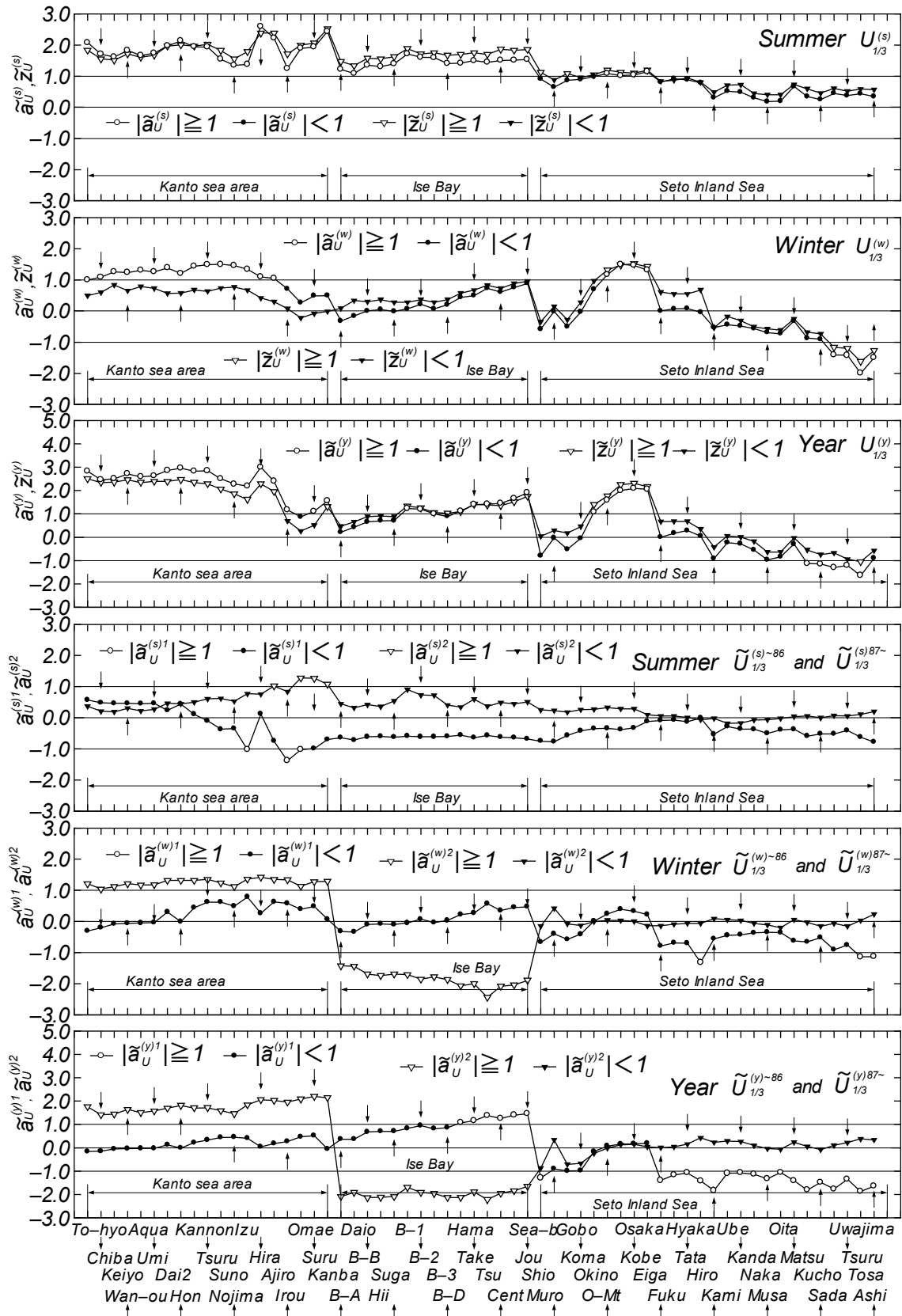


Fig. 12 Alongshore plots of trend intensity indices  $\tilde{a}_U$ ,  $\tilde{a}_U^1$ ,  $\tilde{a}_U^2$  and jump intensity index  $\tilde{z}_U$  in annual series of highest 1/3 mean wind speed  $U_{1/3}$ , in cases where the averaging period is any of summer, winter and year.

する前半期資料の  $\tilde{a}_U^{(s)1}$  と後半期資料の  $\tilde{a}_U^{(s)2}$  は御前崎など伊豆半島周辺の地点を除いて有意な傾向変動を与えず、それらの値も大きくないことから、夏季の  $U_{1/3}^{(s)}$  資料は東京湾から伊勢湾に至る地点で一方向的増加傾向よりむしろ、1986～1987年を境とするジャンプの特性をもつと言える。潮岬以西の地点では傾向変動（増加傾向）やジャンプの挙動を示さない。冬季でも  $\tilde{a}_U^{(w)}$  は東側から西側の地点へ向けて起伏を伴いながら粗い近似ではステップ状に減少する。すなわち、東京灯標～網代では  $1 < \tilde{a}_U^{(w)} < 1.5$ （弱い増加傾向）、石廊崎～室戸岬で  $-0.3 < \tilde{a}_U^{(w)} < 1$ （傾向変動なし）、大阪湾内地点で  $1 < \tilde{a}_U^{(w)} < 1.5$ （弱い増加傾向）、福山～佐田岬灯台で  $-1 < \tilde{a}_U^{(w)} < 0$ （傾向変動なし）、宇和島～足摺岬灯台で  $\tilde{a}_U^{(w)} < -1$ （やや強い減少傾向）がみられる。一方、ジャンプ強度  $\tilde{z}_U^{(w)}$  は大阪湾内地点（ $\tilde{z}_U^{(w)} > 1$ ）と図の右端に与えた豊後水道南部4地点（ $\tilde{z}_U^{(w)} < -1$ ）を除いて  $|\tilde{z}_U^{(w)}| < 1$  であり、有意なジャンプを示さない。期間別資料では東京～網代においては前半期資料でおおむね  $0 < \tilde{a}_U^{(w)1} < 0.8$ 、後半期資料で  $1 < \tilde{a}_U^{(w)2} < 1.3$  であるから、東京～網代間の地点における冬季  $U_{1/3}^{(w)}$  資料は正のジャンプよりむしろ正の傾向変動をもつと推測される。同様に、大阪湾内地点（ $\tilde{z}_U^{(w)} > 1$ ）では期間別資料で  $\tilde{a}_U^{(w)1} \approx 0$ 、 $\tilde{a}_U^{(w)2} \approx 0$  であるから正のジャンプを、豊後水道南端4地点（ $\tilde{z}_U^{(w)} < -1$ ）では前半期資料で  $\tilde{a}_U^{(w)1} \approx -1$ 、後半期資料で  $\tilde{a}_U^{(w)2} \approx 0$  であるから負のジャンプを示す。通年の結果は伊勢湾内地点以東の地点で夏季の結果と類似する。ただし、石廊崎～伊勢湾口近くの湾内ブイ D 地点では冬季の影響により  $\tilde{a}_U^{(y)}$ 、 $\tilde{z}_U^{(y)}$  の値が夏季のものより小さい。一方、潮岬以西の地点では冬季の結果と類似し、関東沿岸海域・伊勢湾と瀬戸内海で夏季と冬季の影響の度合が逆転する。これが意味する気候学的意味を検討する必要がある。

### 3.4 波高の傾向変動

Fig. 13 は 45 年間の波浪推算資料より得た夏季、冬季、通年の年別 1/3 最大平均波高  $H_{s1/3}^{(s)}$ 、 $H_{s1/3}^{(w)}$ 、 $H_{s1/3}^{(y)}$  の経年変化を東京灯標について示す。これらは夏季には若干の年変動をもち、冬季にはほとんど年変動を伴わずにほぼ一定値をとるようにみえる。しかし、傾向変動解析によれば、夏季では  $\tilde{a}_H^{(s)} = 1.05$  ( $L_H^{(s)} = 1$ )、 $\tilde{I}_{HH}^{(s)} = 0.93$ 、 $\tilde{z}_H^{(s)} = 0.80$ 、冬季では  $\tilde{a}_H^{(w)} = 1.83$  ( $L_H^{(w)} = 1$ )、 $\tilde{I}_{HH}^{(w)} = 1.57$ 、 $\tilde{z}_H^{(w)} = 1.10$ 、通年では  $\tilde{a}_H^{(y)} = 2.77$  ( $L_H^{(y)} = 1$ )、 $\tilde{I}_{HH}^{(y)} = 2.66$ 、 $\tilde{z}_H^{(y)} = 2.42$  を与える。すなわち、1/3 最大平均波高  $H_{s1/3}$  は夏季にごく弱い増加傾向（ $\tilde{a}_H^{(s)} = 1.05$ ）か傾向変動なし（ $\tilde{I}_{HH}^{(s)} = 0.93$ ）、ジャンプなし（ $\tilde{z}_H^{(s)} = 0.80$ ）、冬季に比較的強い増加傾向（ $\tilde{a}_H^{(w)} = 1.83$ 、 $\tilde{I}_{HH}^{(w)} = 1.57$ ）、弱い正のジャンプ（ $\tilde{z}_H^{(w)} = 1.10$ ）の特性をもつ。通年では冬季よりさらに強い増加傾向（ $\tilde{a}_H^{(y)} = 2.77$ 、 $\tilde{I}_{HH}^{(y)} = 2.66$ ）、強いジャンプ（ $\tilde{z}_H^{(y)} = 2.42$ ）を与える。夏季、冬季、通年の各資料ともに、1986年以前の前半期資料における  $\tilde{a}_H^1$  はそれぞれ 0.35、0.15、0.42 と小さく、1987年以降の後半期資料における  $\tilde{a}_H^2$  は順に 0.29、1.10、1.16 であるから、冬季と通年で弱い増加傾向がみられるに過ぎない。 $\tilde{z}_H$  の値を考慮すると、とくに通年資料に傾向変動よりジャンプの特性が検出されると言える。なお、 $\tilde{I}_{HH}$  は  $\tilde{a}_H$  よりやや小さい値をとる。

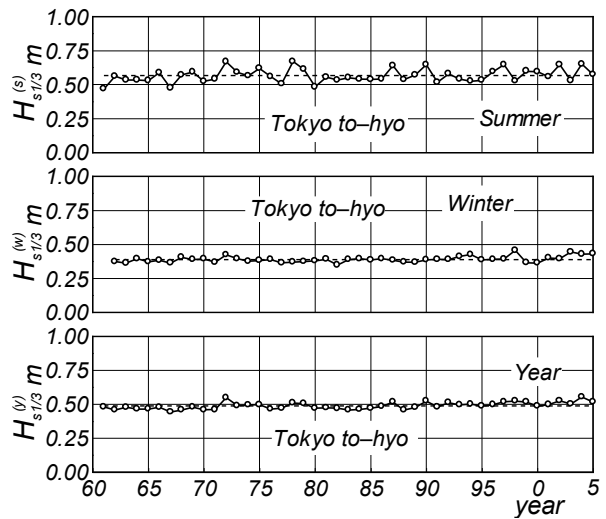


Fig. 13 Interannual variations of highest 1/3 mean wave height in any of summer, winter and year  $H_{s1/3}^{(s)}$ 、 $H_{s1/3}^{(w)}$ 、 $H_{s1/3}^{(y)}$  at Tokyo to-hyo.

Fig. 14 は各種平均統計量（ $H_{s1/10}$ 、 $H_{s1/3}$ 、 $H_{s1/2}$ 、 $H_{sm}$ 、 $H_{s\sigma}$ ）について  $\tilde{a}_H$  と  $\tilde{I}_{HH}$  の散布図を夏季、



冬季，通年の各資料について示す。標準偏差  $H_{s\sigma}$  に対する  $\tilde{a}_H$  や  $\tilde{I}_{IH}$  は 0~1 の範囲に納まり，他の平均統計量に対する  $\tilde{a}_H$  や  $\tilde{I}_{IH}$  と異なる傾向にある。これを除外すると，夏季，冬季，さらに通年の資料において  $\tilde{a}_H$  や  $\tilde{I}_{IH}$

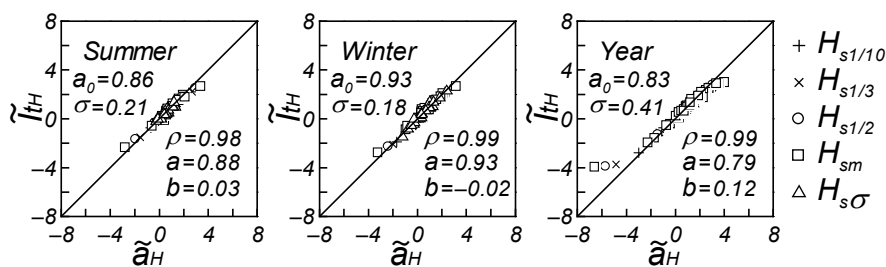


Fig. 14 Scatter diagram between trend strength indices  $\tilde{a}_H$  and  $\tilde{I}_{IH}$  for various kinds of mean wave height in any of summer, winter and year.

は幅広く分布し，増加傾向や減少傾向，傾向変動なしの判別結果が混在する。

Fig. 15 は夏季，冬季，通年の 1/3 最大平均波高  $H_{s1/3}$  の各年系列資料から得た  $\tilde{a}_H$  と  $\tilde{z}_H$  および期間別資料から得た  $\tilde{a}_H^1$ ,  $\tilde{a}_H^2$  の地点別プロットを東側の東京灯標から西側の佐田岬漁港に向けて示す。夏季では瀬戸内海伊予灘の長浜における強い増加傾向や平塚におけるやや強い増加傾向，さらに大分における弱い減少傾向を除いて，ごく弱い増加傾向や傾向変動なしの状況がみられる。一方，冬季では佐田岬漁港における強い増加傾向や大分における強い減少傾向および東京灯標におけるやや強い増加傾向を除いて，弱い傾向変動か傾向変動なしの挙動が観察される。通年では夏季や冬季よりそれぞれ強い増加傾向や減少傾向が得られる。とくに瀬戸内海西部海域（周防灘，伊予灘，豊後水道）では，増加傾向と減少傾向の地点間変化が著しい。ジャンプ強度指数  $\tilde{z}_H$  は傾向変動強度指数  $\tilde{a}_H$  と連動して地

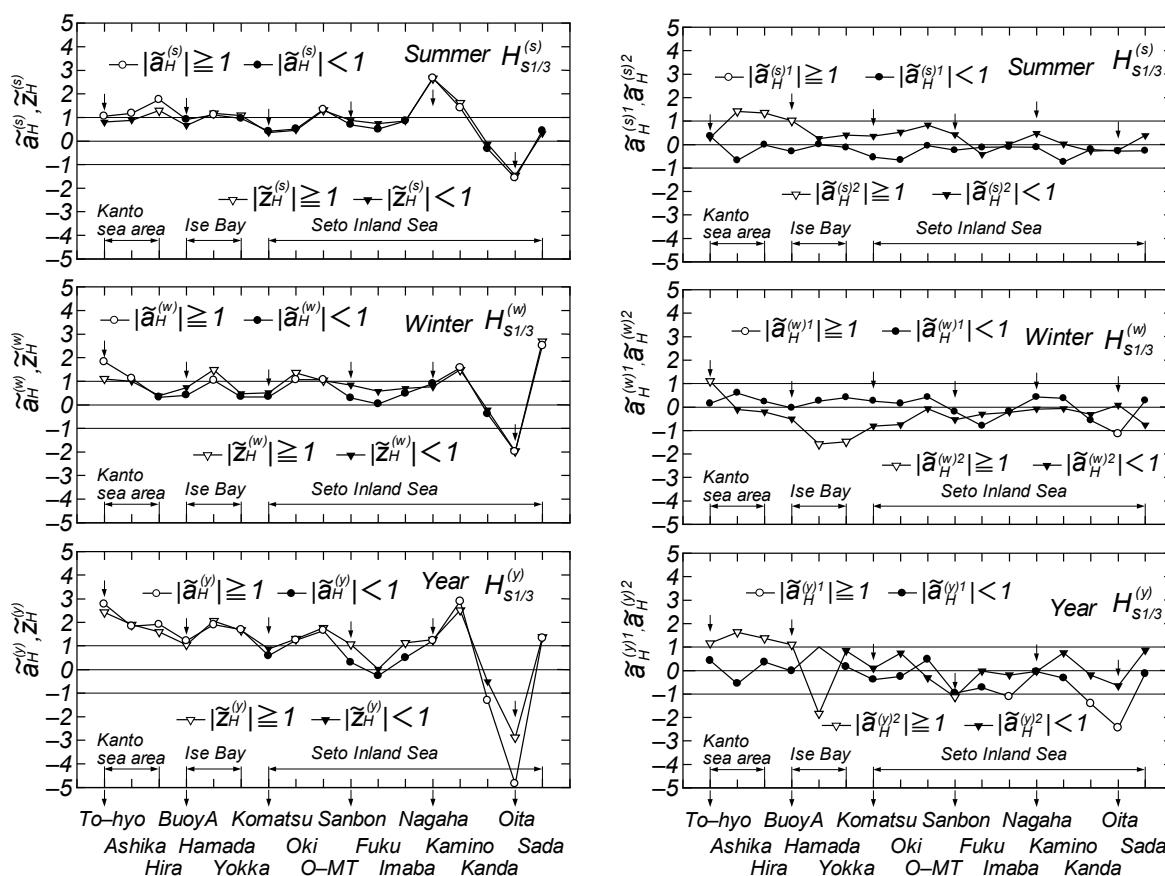


Fig. 15 Alongshore plots of trend intensity indices  $\tilde{a}_H$ ,  $\tilde{a}_H^1$ ,  $\tilde{a}_H^2$  and jump intensity index  $\tilde{z}_H$  in annual series of highest 1/3 mean wave height  $H_{s1/3}$ , in cases where the averaging period is any of summer, winter and year.

点別に変化し、その大きさも同程度であり、しかも期間別資料の  $\bar{a}_H^1$ 、 $\bar{a}_H^2$  も大きくなく、おおむね  $\pm 1$  の範囲内に納まることから、夏季と冬季の年別 1/3 最大波高資料は傾向変動というより 1986~1987 年を境とするジャンプの特性を示す。とくに瀬戸内海の西部海域では、夏季の長浜と大分や冬季の大分と佐田岬漁港でジャンプ強度指数が有意な大きさを持ち、大分では負のジャンプを与える。通年の資料ではこの地点間変化の傾向が増幅される。

#### 4. 結 語

本研究では、関東地方~九州地方の気象官署における 45 年間の SDP 気圧観測資料およびこれと SDP 風観測資料を用いて得た関東沿岸海域、伊勢湾、瀬戸内海の海上風分布資料、さらにこれを入力条件とする波浪推算資料を解析し、夏季、冬季、通年の気圧・海上風速・波高の傾向変動およびジャンプの特性を調べた。成果の概要はつぎのようである。

①気圧に関して、高い気圧部を代表する平均統計量は冬季に有意な増加傾向および正のジャンプを検討対象全地点で与え、低い気圧部を代表する平均統計量は夏季に近畿地方以西の少数の地点で弱い増加傾向および弱い正のジャンプを示す。通年資料では傾向変動やジャンプは高い気圧部を代表する統計量についての 5~6 地点を除いてほぼ全対象地点で検出されない。通年から季節別へと対象期間の縮小 (12 ヶ月から 3 ヶ月へ) に伴う標本の大きさの減少に起因する各種平均値の統計的変動の増大を考慮しても、冬季の高い気圧部における気圧の増加傾向およびジャンプは統計的有意性をもつと考えられるので、その気候学的要因を解明する必要がある。

②風速に関して、夏季には伊勢湾以東の地点で有意な正の傾向変動およびジャンプを、冬季に関東沿岸海域の地点で弱い正の傾向変動およびジャンプを伴う。西側の地点では傾向変動およびジャンプの強度は減少してそれらの特徴を消失させるが、冬季に豊後水道内の地点では負の傾向変動およびジャンプを示す。また、通年資料の傾向変動とジャンプの強度は伊勢湾以東の地点で夏季の結果と、以西の地点で冬季の結果と類似する。

③波高に関して、関東沿岸海域、伊勢湾、瀬戸内海東部・中部海域では夏季資料と冬季資料はあまり系統的な増加傾向を伴わないが、通年資料は有意な増加傾向およびジャンプをもつ。一方、瀬戸内海西部海域では夏季、冬季ともに通年と同様、地点ごとに著しい増加・減少傾向およびジャンプを与える。

④夏季、冬季、通年の気圧・風速・波高資料に関して、全資料期間についての傾向変動の強度および 1986 年以前の前半期資料と 1987 年以降の後半期資料の間のジャンプの強度はほぼ連動し、とくにその強度が大きい場合には、気圧・風速・波高資料は傾向変動というよりむしろジャンプ特性をもつ。

なお、気圧・風速・波高の長期変動に関して、つぎの結果が追加される。

⑤気圧と風速の長期変動に関して、両者の相関は認められない。気圧傾度 (気圧の空間勾配) と風速の相関は前者が地衡風に対応するので、検出されるはずである。

⑥風速の傾向変動およびジャンプと波高のそれらとの概略の相互関連性は、通年資料ではそれぞれの沿岸方向の変化傾向が類似し、局所的な凹凸を除外すれば、東側の地点における正の傾向変動およびジャンプが西側の地点では負の傾向変動およびジャンプに変わるという点で、一応見出されるようにもみえる。しかし、夏季や冬季の資料ではこれらの特徴が薄らぐ傾向にある。

3. の検討結果では言及していないが、つぎのことも言えよう。すなわち気象学、海洋学、水産学などの分野では気温や水温などの気象・海象要素や海洋生物資源量 (バイオマス) などが数十年間隔で急変する現象をレジームシフトあるいは気候ジャンプと呼んでおり、これが 20 世紀では北西太平洋

において 1925～1926 年, 1945～1946 年, 1976～1977 年のほか, ごく最近では 1988～1989 年, 1998～1999 年に生じたとされる。1～2年のずれを許容すれば, 本研究で言う 1986～1987 年のジャンプが 1988～1989 年の弱いレジームシフトに相当するかもしれないけれども, レジームシフトの規模がより大きい 1976～1977 年には内湾・内海域の気圧・風速・波高資料について急激な変化の兆候は必ずしもみられないことから, 本研究のジャンプを既往の研究で見出されたレジームシフトにただちに結びつけるには, やや無理があるように思われる。しかし, 各要素の変化や 1986～1987 年を境とする北太平洋での冬季ストームの活動度, とくに日本南岸での急激な強化などが既往の研究であげられていることから, これらの成果を参照した, より細部の検討が必要である。また資料に関しては今後, 資料期間を 2010 年までの 50 年とする解析や 1960 年以前に資料期間を拡張した解析も必要である。資料期間を 2005 年以降および 1960 年以前にそれぞれ拡張できれば, より長期的な傾向変動の特徴を把握できる。しかし, 1960 年以前の資料は紙資料としてのみ残されているので, その電子情報化に大きな困難が伴う。

## 参 考 文 献

- [1] 山口正隆・大福 学・野中浩一・畑田佳男・日野幹雄：SDP 風資料を用いた内湾・内海における 45 年間の海上風分布のデータセットの作成, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.65, No.1, pp.186-190, 2009.
- [2] 山口正隆・大福 学・野中浩一・畑田佳男・日野幹雄：SDP 風資料に基づく内湾・内海の海上風分布の特性, 工学ジャーナル (愛媛大学), 第 9 巻, pp.1-13, 2010.
- [3] 山口正隆・畑田佳男・大福 学・野中浩一・日野幹雄：SDP 風資料を用いた内湾・内海における波浪の長期推算システムの適用性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.66, No.1, pp.151-155, 2010.
- [4] 畑田佳男・山口正隆・大福 学・野中浩一：気圧観測資料を用いた内湾・内海における長期の風・波浪推算システムの構築と風速・波高の長期変動の解析, 工学ジャーナル (愛媛大学), 第 10 巻, pp.56-75, 2011.
- [5] 山口正隆・大福 学・畑田佳男・野中浩一・日野幹雄：気圧観測資料を用いた内湾・内海における長期推算に基づく風速・波高の長期変動の解析, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.67, No.2, pp.I\_376-I\_380, 2011.
- [6] 徐 宗学・竹内邦良・石平 博：日本の平均気温・降水量時系列におけるジャンプ及びトレンドに関する研究, 水工学論文集, 第 46 巻, pp.121-126, 2002.
- [7] 鈴木栄一：気象統計学 (第 5 版), 地人書館, 314p., 1975.