

瀬戸内海における平均水面の季節変化（1971～2000年）

菊池眞一：海洋研究室

Seasonal Change of Mean Sea Level in Seto Naikai during 1971 - 2000

Siniti KIKUTI : Ocean Research Laboratory

1 はじめに

海図において陸上物標の高さは定められた平均水面を基準とし、水深の基準である最低水面も平均水面を基準にして算出される。本研究は、海図の基準面の元となる平均水面の瀬戸内海における季節変化の特性を調べることを目的に実施された。そのために適した平均処理方法を比較選択し、瀬戸内海16地点、太平洋沿岸5点及び日本海沿岸3点について1971～2000年の潮汐観測データ（毎正時）を用いて平均水面の季節変化量を求めた。

本報告では、時間の目盛りとして季節の変わり目である八節（はっせつ）を使用した。八節とカレンダー日の照合は暦計算研究会（1991）の数値を使用

した。

2 使用データと処理方法

（1）使用データ

潮汐観測データは日本海洋データセンター（JODC）保管データ及び国土地理院観測データをインターネット・ホームページ経由で取得した。日本海洋データセンター保管データは海上保安庁及び気象庁の観測データである。

（2）処理方法

最初に日平均水面を0～23時の正時潮高データを平均して算出した。全正時データ24点がそろってないものは不採用とした。次いで、日平均水面について、「単純移動平均」及び「KZ（Kolmogorov-

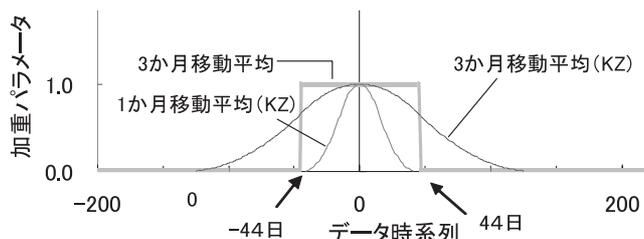


図1 単純移動平均とKZフィルターによる移動平均の加重パラメータ
Fig.1 Weight distribution of moving average with KZ filter and without filter

表1 移動平均処理方法と処理結果の呼び方

Table.1 Methods for moving average processing and names of results

	処理結果の呼び方	期間	処理方法	採用条件
①	1か月平均水面	29日間	単純移動平均	27日間以上
②	1か月平均水面(KZ)	85日間	KZフィルターを用いた移動平均(3回)	92%以上
③	3か月平均水面	89日間	単純移動平均	82日間以上
④	3か月平均水面(KZ)	265日間	KZフィルターを用いた移動平均(3回)	92%以上
⑤	15日間平均水面	15日間	単純移動平均	14日間以上

Zurbenko) フィルターを用いた移動平均」の2つの方法で1か月及び3ヶ月の移動平均処理を行った(表1参照)。KZフィルターは、「気象観測統計の解説」(気象庁, 2005)に「単純移動平均を数回繰り返す方式」と説明されている。そのほかに、比較のため15日間単純平均による平均水面を算出した。

移動平均処理において、当初、処理対象となる日平均データのデータ存在率96%以上を採用条件としたが、処理結果に欠落期間が多いので採用条件をデータ存在率92%以上に変更した(表1参照)。KZフィルターによる移動平均は、各回移動平均におい

て採用条件(例えば29日間で27日間以上)を適用するとともに加重パラメータを考慮したデータ存在率92%以上となることを条件とした。加重パラメータは1か月平均水面(KZ)の算出において、中央のデータで1.0とするとき、前後14日目で0.69、前後28日目で0.19となる(図1参照)。

3 瀬戸内海における平均水面の季節変化

(1) 瀬戸内海の潮汐と日平均水面

瀬戸内海の潮汐は潮汐の半振幅(Z_0)が0.95~2.00mである。表2に示した1971~2000年の日平均

表2 瀬戸内海及び隣接海域の潮汐と日平均水面
Table.2 Characteristics of tide and daily MSL in Seto Naikai and adjacent seas

海域	潮汐観測		Z_0	日平均水面の統計値(1971~2000年)					変動トレンド		不採用データ
	観測地点	機関名		平均	StDev	最大	最小	変化幅	傾度	地殻	
			(m)	(cm)					(mm/年)		(日)
瀬戸内海	小松島	気象庁	1.01	200	14	42	-31	74	-0.04	-2.01	226
	海南	国土地理院	1.11	233	14	40	-32	72	-3.93	2.02	273
	和歌山	気象庁	1.11	106	14	41	-31	73	-1.29	0.18	43
	淡輪	気象庁	0.95	192	14	41	-31	71	0.10	-1.28	280
	洲本	気象庁	0.95	195	14	42	-32	73	1.36	-3.22	163
	大阪	気象庁	0.95	361	14	41	-31	72	3.31	-4.67	9
	神戸	気象庁	0.95	156	15	43	-33	75	7.76	-7.11	16
	宇野	気象庁	1.40	182	15	45	-35	80	4.05	-5.71	731
	高松	気象庁	1.40	200	15	36	-38	74	0.89	-2.68	597
	呉	海上保安庁	2.00	269	15	44	-32	76	3.63	-3.69	292
	松山	気象庁	1.90	230	14	42	-32	73	-1.85	0.65	377
	大分	海上保安庁	1.30	320	15	44	-32	75	-0.33	-0.42	278
	広島	海上保安庁	2.00	316	15	45	-33	78	4.10	-5.12	148
	徳山	海上保安庁	1.80	263	15	46	-33	79	1.55	-2.76	159
	門司	海上保安庁	1.30	292	15	40	-34	74	1.74	-1.65	112
下関	気象庁	1.30	254	16	43	-36	78	-4.36	4.53	364	
太平洋沿岸	白浜	気象庁	1.10	327	13	39	-29	69	-1.50	0.29	275
	室戸岬	気象庁	1.10	295	13	42	-30	72	0.02	-6.40	885
	土佐清水	気象庁	1.12	170	13	41	-28	69	-0.20	-0.56	6
	宇和島	気象庁	1.30	222	13	39	-30	69	-1.22	-0.29	169
	細島	国土地理院	1.06	240	13	40	-28	68	-0.97	0.21	366
日本海	萩	国土地理院	0.48	161	15	39	-35	74	0.45	-0.0	3438
	博多	海上保安庁	1.10	175	15	38	-34	71	1.48	-0.71	147
	厳原	海上保安庁	0.93	171	14	34	-28	62	1.85	-1.95	392

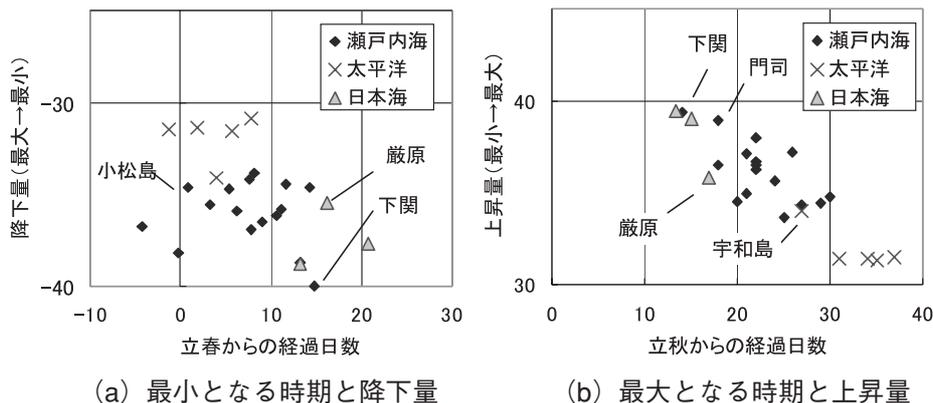


図2 1か月平均水面 (KZ) の最大・最小の発生時期と平均水面の変化量 (1971~2000年)

*図中に示した地点名は瀬戸内海と隣接海域の境界付近にある地点である。

Fig.2 Difference between maximum and minimum daily MSL processed with KZ filter and average time of their appearances

水面データの統計値 (平均, 標準偏差 (StDev), 最大, 最小及び変化幅) は各年の日平均水面年統計値を平均した値である。平均は観測基準面 (DL) からの高さである。最大及び最小は平均からの偏差に換算した値を示した。

変動トレンド欄の傾度は年平均水面のトレンド (近似直線) の傾度 (1971~2000年) である。「地殻」は地震予知連絡会会報に掲載された地殻上下動トレンド (国土地理院, 2001及び加藤, 1989) を示した。日本沿岸の長期海面水位変動のトレンドは、小西ほか (2004) に掲載された「日本沿岸5検潮所のEOF解析第1主成分の時系列」の図によれば1970~2000年の期間において30年でおおよそ3 cm上昇 (1 mm/年程度) している。瀬戸内海の年平均水面のトレンドの傾度は、長期海面水位変動が小さいことから地殻上下動のトレンドとほぼ整合的 (正負は逆となる。) になっている。

(2) 平均水面の最小と最大

1か月平均水面 (KZ) について、年周期で最小 (最大) となる時期とその前の最大 (最小) からの変化量を表3に示した。前年に年間最大となって以降、次の年間最大となるまでの間の最小が前年12月に発生した場合、前年12月の最小を年周期での最小とした。瀬戸内海で最小となるのは立春 (2月4日ごろ) の4日前~15日経過した頃に起きている。時期は太平洋よりやや遅く、日本海より早い時期である。また、瀬戸内海で年間最大となる時期は立秋

(8月8日ごろ) から14日~30日経過した頃である。時期は太平洋より明らかに早く、日本海より遅い傾向がある。瀬戸内海における変化量は太平洋より大きく、日本海よりやや小さい傾向がある (図2参照)。

(3) 平均水面の季節変化量

1か月平均水面 (KZ) について、季節の変わり目である八節 (はっせつ) に挟まれる期間の変化量を表3に示した。八節に挟まれる期間の変化量は、日本海で春分から立秋の期間の上昇が突出し、太平洋で冬至~春分の期間の変化量を結ぶと円滑な曲線となる (図4参照)。

表3を見ると、立秋~秋分の変化量が太平洋沿岸では正となるのに対して、日本海では負となり、瀬戸内海でも太平洋に近い海域で正となっている。瀬戸内海では、日本海に近い門司、下関及び徳山が同期間の下降量が大きいのは当然であるが、大阪及び広島の下降量がそれに次いで大きい。

4 考察

(1) 1か月平均水面 (KZ) と他の平均水面との比較

3か月平均水面 (KZ) はなだらかな曲線を示し、平均水面の季節変化を概略とらえることができるが、1か月平均水面の動きと離れている。3か月平均水面は、1か月平均水面及び1か月平均水面 (KZ) に見られる立秋~秋分の平均水面の降下が上昇となることがあるように、平均水面の季節変化が隠され

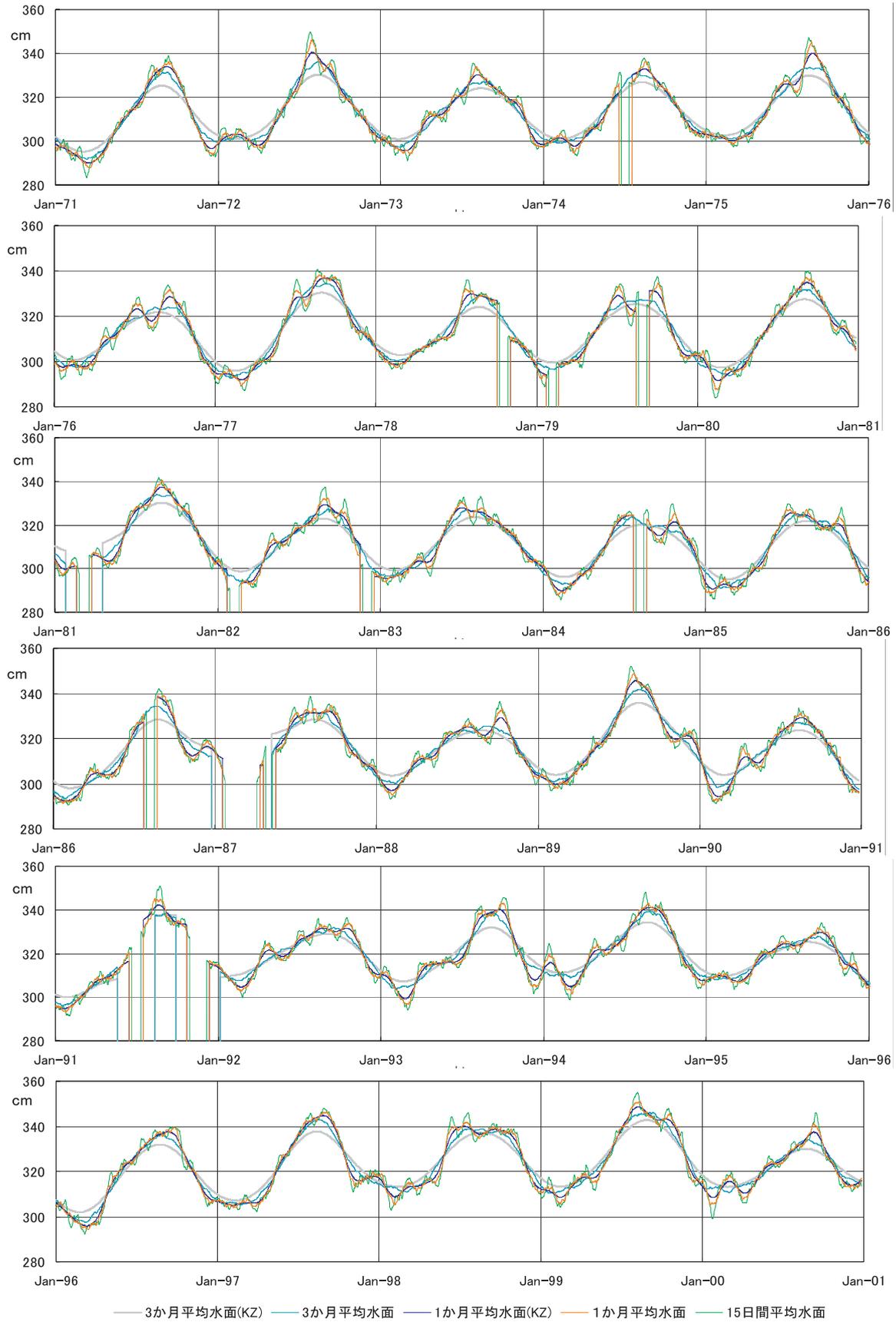


図3 広島における平均水面の季節変化（1971年～2000年）
 Fig.3 Seasonal Change of daily MSL processed by one-month-moving-average method with KZ filter and other daily MSLs at Hiroshima during 1971 - 2000

表3 1か月平均水面(KZ)の季節変化(1971~2000年)
 Table.3 Seasonal Change of daily MSL processed by one-month-moving-average method with KZ filter during 1971-2000

海域	観測地点	最小*1		最大*1		平均水面の節間の変化量*2 (cm)							
		経過日数	変化量 cm	経過日数	変化量 cm	冬至-立春	立春-春分	春分-立夏	立夏-夏至	夏至-立秋	立秋-秋分	秋分-立冬	立秋-冬至
瀬戸内海	小松島	1	-34.6	30	34.8	-4.9	1.3	8.3	11.4	6.8	1.0	-12.3	-11.3
	海南	9	-33.9	25	33.6	-5.2	1.1	7.3	11.7	6.6	0.7	-10.6	-11.6
	和歌山	5	-34.7	20	34.5	-5.0	0.9	8.4	11.6	6.6	0.6	-11.7	-11.2
	淡輪	8	-34.2	27	34.3	-5.7	1.1	7.5	11.4	8.0	-0.1	-11.4	-11.8
	洲本	3	-35.6	24	35.6	-5.3	1.9	8.0	11.9	8.3	0.5	-11.2	-12.0
	大阪	12	-34.5	21	34.9	-5.6	0.6	8.4	11.8	7.5	-0.8	-11.4	-10.5
	神戸	9	-36.5	22	36.5	-5.6	1.3	8.3	12.0	8.5	-0.2	-12.3	-11.8
	宇野	-4	-36.8	26	37.2	-5.6	2.6	8.9	12.6	8.5	-0.4	-12.9	-12.6
	高松	0	-38.2	22	38.0	-5.2	2.2	9.0	12.6	8.0	-0.5	-14.0	-13.2
	呉	11	-35.8	22	36.2	-5.4	1.7	7.7	12.2	9.5	-0.7	-12.5	-12.3
	松山	14	-34.6	29	34.4	-6.9	1.2	7.6	12.4	7.7	1.0	-10.4	-11.7
	大分	6	-35.9	22	36.7	-5.8	3.1	8.8	12.1	8.3	0.6	-12.4	-12.8
	広島	11	-36.2	18	36.5	-5.3	2.0	8.6	12.4	8.5	-0.4	-12.9	-11.9
	徳山	8	-36.9	21	37.1	-6.1	2.9	8.0	12.4	9.2	-0.8	-13.0	-12.7
門司	13	-38.7	18	38.9	-6.6	2.5	9.5	13.7	9.0	-2.4	-13.5	-13.2	
下関*	15	-40.0	14	39.4	-6.8	2.0	10.4	13.1	8.0	-2.4	-13.2	-13.8	
太平洋沿岸	白浜	6	-31.6	35	31.3	-4.9	0.4	5.5	10.7	5.0	3.2	-10.3	-10.8
	室戸岬	8	-30.9	37	31.5	-4.9	1.2	6.2	9.0	6.1	3.6	-10.3	-10.9
	土佐清水	2	-31.4	34	31.4	-3.6	1.4	5.5	9.6	6.6	3.0	-11.8	-10.7
	宇和島	4	-34.1	27	34.0	-4.6	2.5	7.3	12.5	7.2	0.6	-13.4	-10.9
	細島	-1	-31.5	31	31.4	-3.7	2.5	5.6	10.2	7.5	1.7	-12.1	-10.9
日本海	萩	21	-37.7	13	39.4	-7.5	0.2	9.1	15.5	11.2	-3.6	-11.9	-12.6
	博多	13	-38.8	15	39.0	-6.7	1.2	9.6	14.4	10.1	-3.3	-12.9	-12.9
	厳原	16	-35.5	17	35.8	-5.3	-0.1	7.9	14.1	9.9	-1.3	-13.0	-11.8

*1 最小/最大欄の経過日数は立春/立秋からの経過日数(立春/立秋を0日とする)。最小/最大欄の変化量は直前の最大/最小からの平均水面の変化量。
 *2 平均水面の節間の変化量欄中、灰色の網掛けは水位降下(マイナス数値)を示す。

てしまう。

1か月平均水面と1か月は季節変化より15日間平均水面に顕著に見られるような短期間の小さな変動が含まれていることから(例えば、図3の1985年秋ごろ)、より平滑な曲線である1か月平均水面(KZ)が平滑な曲線を示すことから、今回試みた移動平均のうち、季節変化を把握するのに適していると結論

した。

(2) 平均水面の平均的季節変化

気象観測項目の平年値は30年を統計期間とするものが多い。WMOの資料によると「平均値の安定性(局地的な短期変動の除去)や均質なデータが得られる地点数などを考慮し、30年間の統計が採用されている。」(気象庁, 2005)。平均水面の平均的季節変

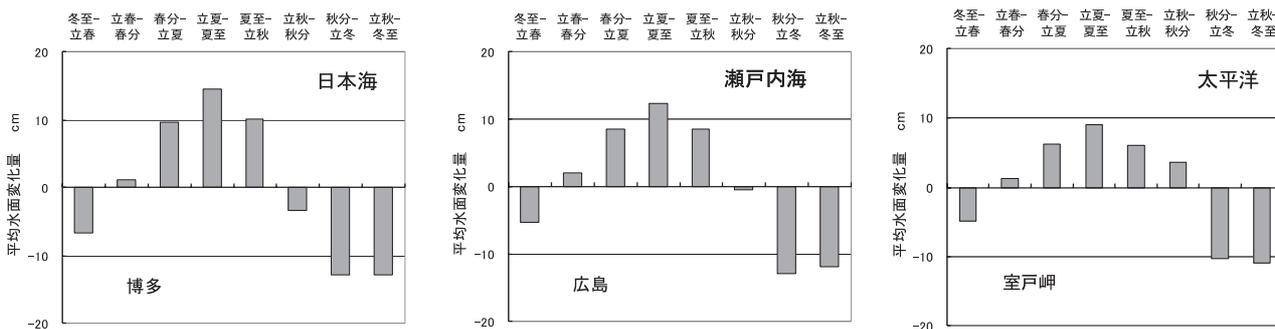


図4 1か月平均水面 (KZ) の八節ごとの変化量 (1971~2000年)
 Fig.4 Difference of daily MSL processed by one-month-moving-average method with KZ filter between seasonal turns, Japanese term "Hassetsu", during 1971-2000

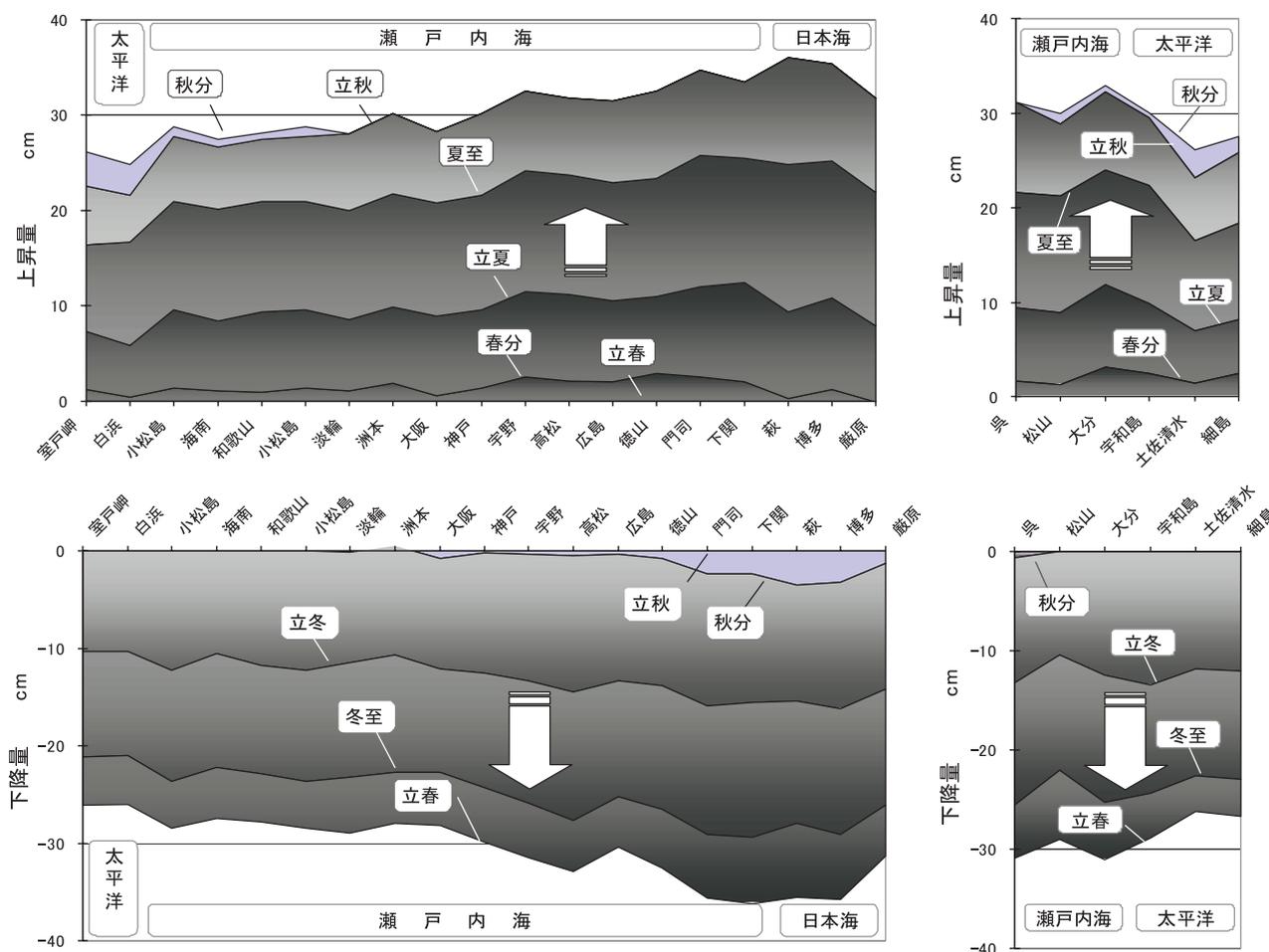


図5 1か月平均水面 (KZ) の八節ごとの昇降量 (1971~2000年)
 Fig.5 Transition of daily MSL processed by one-month-moving-average method with KZ filter at the seasonal turns, Japanese term "Hassetsu", during 1971-2000

化の把握に適した統計期間について今回は検討せず、気象観測項目に準じた期間を採用した。

平均水面に影響を与える短周期変動（気圧，風，海流位置等）は30年間の統計で除去されていると考

える。季節変化量の測定期間は、八節に挟まれる期間を採用した。八節はカレンダー日と完全に一致していないが、太陽の黄経を基準としているので年毎の比較に適している。ただし、各年の変動量を統計

表4 八節に挟まれる期間の平均日数と日数変化幅 (1971~2000年)

Table.4 Average and range of days between seasonal turns, Japanese term "Hassetsu", during 1971 - 2000

	冬至— 立春	立春— 春分	春分— 立夏	立夏— 夏至	夏至— 立秋	立秋— 秋分	秋分— 立冬	立冬— 立春
平均	44.10	44.80	45.90	46.93	47.07	46.53	45.43	44.50
最小—最大	43-45	44-45	45-46	46-47	47-48	46-47	45-46	44-45

値と比較するときは標準的な期間の値に換算する必要がある (表4 参照).

観測地点の地理的位置関係を考慮して1か月平均水面 (KZ) の節ごとの変化量を図5に示した. 上側の図は立春~立秋 (一部秋分) にかけての上昇期を示し, 下側の図は立秋 (一部秋分) ~立春にかけての下降期を示している. 太平洋~瀬戸内海~日本海にかけて節ごとの変化量が連続的な地理的分布を示している.

5 おわりに

1か月平均水面 (KZ) (1971~2000年) を見ると, 最小・最大の時期及び季節変化量の地理的分布が連続的に変化している. 30年間の統計に示された平均水面の季節変化量のデータは日本海から太平洋にかけての広域的な沿岸海況の標準的な (平均的な) 変化メカニズムの検討資料になるものと期待できる. 今後, 他の海域において平均水面の季節変化を調査することにより, このような手法の有用性が確認されると考える.

本研究でデータ処理結果から平均水面の季節的傾向が明らかになったのは潮汐観測とデータ管理が適切に行われたことによるものである. 潮汐観測に従事された方々に敬意を表し, 潮汐観測データを保管している海洋データセンター及び国土地理院の方々に感謝するものである.

参 考 文 献

加藤照之: 月平均潮位から推定された地殻の上下変動, 地震予知連絡会会報, 41, (1989)
 気象庁: 「気象観測統計の解説 (「気象観測統計指針」抜粋)」, (2005)

国土地理院: 全国の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 66, (2001)

小西達男・櫻井敬三・内藤俊太: 日本沿岸の長期海面水位変動について—関連研究の現状と日本沿岸の海面水位変化の特徴—, 測候時報, 71, S173-S195, (2004)

暦計算研究会編: 新こよみ便利帳, 恒星社厚生閣, (1991)