

パソコンによる衛星赤外画像と海況研究への応用について

木谷浩三・長田宏・斉藤誠一
(日本海区水産研究所) (日本海区水産研究所) (日本気象協会)

1. はじめに

近年のリモートセンシング技術開発はめざましいものがあり、多くの分野でその応用研究が進められている。水産分野でも海洋環境把握の一環としてその技術導入が計られ、いくつかの電磁波波長域に対応したセンサーによって水温、水色等の情報が得られ、利用されている。これら海洋情報は、従来の船舶による海洋観測に比べると1測点あたりの測定値精度は劣るが、広域性、同時性にすぐれているため総合情報としては、従来の海洋観測では得られない貴重な情報となっている。しかし、これらリモートセンシング技術で得られるオリジナル・データ量は、きわめて膨大でその処理には大型コンピューター等の諸設備が必要である。

これまで気象衛星 NOAA の情報は、気象庁・気象衛星センターで受信し、日本気象協会を通じて CCT (計算機適合磁気テープ) かプリント・ネガという媒体で一般ユーザーに渡っていたが、1984年11月よりパソコン用画像データを入力したフロッピー・ディスクという媒体でも、一般ユーザーが利用できるようになった。これは、従来の利用法に比べると大きな利点を持つ。即ち第1に大型コンピューターがなくてもパソコンで簡単に数値情報を映像化できること、第2にユーザーの目的に応じて、パソコンCRT上に独自の強調画像などが何種類でも作れること、第3に数値データとして目的に応じた処理ができることなどである。ここではパソコン画像の作製過程およびその内容、さらにパソコン画像を用いた海況研究への応用例について述べる。

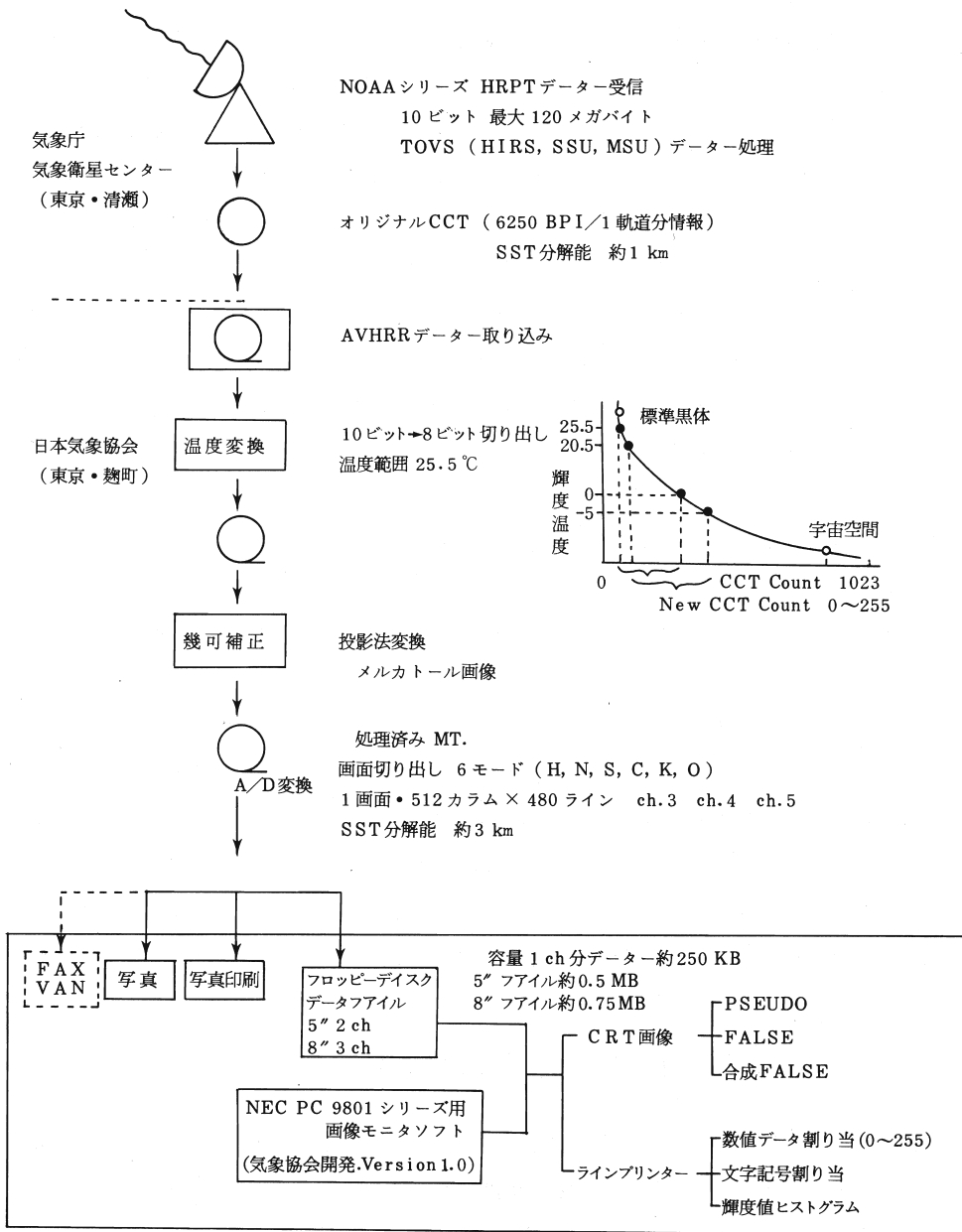
2. パソコンによる衛星画像の作製過程

(1) データ処理過程

気象衛星 NOAA が搭載しているいくつかのセンサーのうち、AVHRR (超高度分解能放射計) によって観測されたデータは衛星内データ処理装置を経由して HRPT (高解像度画像伝送) と APT (自動画像伝送) で地上に送信されてくる。このうちパソコン画像を作るためのオリジナル・データとなるのは分解能が良い HRPT (直下点距離分解能 1.1km) で、気象庁・気象衛星センターで受信され、CCT に収録される。軌道によって受信されるデータ量は異なるが最大受信量の場合、

幅（センサー走査方向）が約3,000km、長さ（軌道方向）が約5,000kmの画像分のデータとなる。この時の観測密度は、走査方向（1ライン）で2048ピクセル、軌道方向では4500～4800ラインである。即ち、最大画像は、約1,000万というピクセル数で構成されている。HRPTデータは10ビットで記録され、1ピクセル、1チャンネル当りのデータは2バイト使用されている。またAVHRRは可視域、赤外域の5チャンネルの放射計があるので、各波長域を観測すると1ピクセルに対して10バイトを使用する。従って全ピクセル数に対しては最大約100メガバイトの観測データを取り込むことになる。

NOAAから送信される情報にはその他にHIRS（気温測定用放射計）、SSU（成層圏垂直分布測定ユニット）そしてMSU（マイクロ波利用垂直分布測定ユニット）からのデータが、約10メガバイトあり、さらにアノテーション、フレームステータス等が加わるので総データ量としては最大約120メガバイトになる。このようなオリジナル・データは気象衛星センターで6250BPI（2400 f）の磁気テープ1本に納められ、その後パソコン画像作製のため、図1に示すように日本気象協会において、いくつかの処理が行われる。まず最初の処理として10ビット情報を8ビット情報に落す。表面水温情報として扱う4チャンネルの場合、0から1023（10ビット）で表現されているオリジナルのCCT Countを0から255（8ビット）の表現に変換し、その際標準黒体などの基準温度を用いてCCT Countを輝度温度にあてはめる。0から255のCCT Countと温度との換算を簡単にするために切り出しの温度幅は25.5℃としてある。25.5℃の幅をどのように取るかは焦点を当てた海域の温度によって調整される。すなわち、低温が卓越する海域では -5° ～ 20.5° の切り出し、高温の海域では 5° から 30.5° という切り出し温度幅で移行する。こうすればCCT Count 10が、いつでも水温 1° に対応することになる。10ビットのCCT Countを8ビットのCCT Countにして切り出しを行う時、10ビットCCT Countにはみ出る部分が生じる。これは8ビットCCT Countの両端部、即ち0と255に収束させて処理してある。次にピクセルの位置、すなわちピクセルに対する緯度、経度を正しく算出するための幾何補正を行う。このための必要情報は、HRPTデータのアンノテーション部に入っている軌道に関する情報などで、これらを用いて衛星位置の算出、Scan Pointの位置の算出を事前に行っておく。また利用者への画像切り出しはメルカトル図法であるから、そのためオリジナル画像のピクセルをメルカトル変換式で再配列し、画像表現方式を変換してある。データ量を小さくするために、この画像データには、いくつかの処理過程がほどこしてある。一つには、1ピクセルを赤道上で3kmになるようにデータを間引きしてサンプリングを行っていることである。従ってメルカトル図法上の北緯 40° N付近では、1ピクセル2.5km程度となり、オリジナル・データに対して9分の1のデータ量に減っている。またオリジナル1画面を小海区（日本近海6海区）の画面として切り出すことによってデータ量は約10分の1に減らすことができる。さらに、チャンネルをバンド3、4の2つに選択することによってオリジナル・データ量は、5分の2（5インチフロッピー・ディスク入力の場合）に減る。このようなデータ縮減処理によって最終的な1画面データ量はオリジナル・データ量の約230分の1になっている。



一般利用者

図1 NOAA HRPT データからパソコン画像までの流れ図

(2) ユーザーによる画像化

前述のような温度変換、幾何補正などの所定の処理がなされた後、ユーザーが希望する海域の画面が6海区分割モードに従って切り出される。この画面は、現在、写真、写真印刷、フロッピー・ディスクという媒体で、提供される。フロッピー・ディスクに入力されたパソコン画像用のデータは、1画面の大きさが512カラム×480ラインとなっており、5インチのフロッピー・ディスクでは、2画面（2チャンネル）分、8インチでは3画面（3チャンネル）分のデータが格納されている。これらのデータ量はそれぞれ約490KB、740KBで、フロッピー・ディスク容量の大半を占めている。ユーザーは、日本気象協会が開発された画像モニタ・プログラム、JWA Version 1.0を用いて希望する出力形態の処理が可能である。このプログラムの主な機能は、CRT表示に対しては8階調までのカラー画像出力、中間調を用いたフォールスカラー画像出力さらに、CRT上に作成した画像のフロッピー・ディスクへの保存、逆にフロッピー・ディスクからCRT上への再現などである。またライン・プリンターに対しては、画像データの数値出力あるいは画像のグレイマップ方式出力も可能である。さらに画像数値データを統計計算の原資料として用い、各チャンネル毎の諸統計量計算、ヒストグラム出力も可能である。

CRT上に8階調カラー画像を作る場合、ユーザーはカラーレベルの割り当て作業を行わなければならない。少ないカラーレベルをCCT Countの0～255に有効に割り当てるには、その画像に対し何を期待するか明確にして、海域の絞りこみやカラーレベルのきざみ方を設定しなければならない。また単に海況の把握のみを目的とする時には、カラーレベルの割り当てを低温から高温、あるいは高温から低温に小さきざみに移行させて何枚もの画像を作りそれらの中から海況特性を見い出していくのも1つの方法であろう。CRT上に、はじめて画像を作る場合は、上述の作業やまたパソコン処理能力の関係で若干時間がかかるが、1度画像を作り、それをフロッピー・ディスクに保存しておけば、次回からは約1分間でその画像の再現が可能である。

3. 海況研究への応用（日本海中部海域における事例）

1984年春季（3月28日～4月8日）の4軌道分の画像をもとに日本海中部域、主に能登半島周辺域の海況について検討を行った。これら画像の概要は表1に示すとおりである。なお画像の間隔は、雲の少ない条件の良いものを選択したため不規則となっている。各軌道の画像データに対しては、表2に示す10通りのCCT Count/カラーレベルのモードを作り、画像化した。カラーレベルの割り当ては低温部から高温部にかけて白、青、空、緑、黄、桃、赤、黒の順に配列してある。ここに用いた画像データの水温切り出し処理は、すべて -5.0°C ～ 20.5°C の範囲としてあるので、同じモードの各軌道の画像を比較することによって表面水温の時系列変化をみることができる。しかし、ここで注意しなければならない点は、この画像データの処理過程において大気による輝度温度誤差

表1 使用された赤外画像の軌道概要

Year	Month	Day	Time (JST)	Orbit (NOAA 8)	Passing Point	Direction
1984	March	28	1934	5200	Korea Pen.	S→N
1984	April	2	0807	5264	Yamaguchi	N→S
1984	April	7	1918	5342	Fukushima	N→S
1984	April	8	1855	5356	Ishikawa	S→N

表2 カラーレベルに対する CCT Count の割当

Mode	Color	White	Blue	Light Blue	Green	Yellow	Pink	Red	Black	
A		0	— 40	— 80	— 90	— 100	— 110	— 120	— 130	— 255
B		0	— 30	— 70	— 90	— 110	— 115	— 120	— 125	— 255
C		0	— 50	— 90	— 100	— 110	— 114	— 118	— 122	— 255
D		0	— 50	— 90	— 100	— 110	— 113	— 116	— 121	— 255
E		0	— 90	— 100	— 104	— 108	— 112	— 116	— 120	— 255
F		0	— 50	— 108	— 111	— 114	— 117	— 120	— 123	— 255
G		0	— 60	— 80	— 85	— 90	— 95	— 110	— 130	— 255
H		0	— 50	— 85	— 90	— 95	— 100	— 110	— 120	— 255
I		0	— 50	— 90	— 95	— 100	— 105	— 110	— 120	— 255
J		0	— 30	— 90	— 97	— 103	— 107	— 112	— 121	— 255

の補正がほどこしてないことである。一般に、対象海域の直上を通る軌道と、そこから離れて通る軌道とでは、大気から受ける影響に差がある。すなわち大気通過距離の短い直上軌道の場合には、その距離の長い遠方軌道の場合より大気の影響が少なく誤差が小さい。これに対して遠方軌道の場合は誤差が大きく、輝度温度としては直上軌道にくらべて低目に算出される。パソコン画像を検討する上では、このような大気による誤差があるため、対象海域と軌道との位置関係を把握しておくことも必要である。

写真1～4は、カラーレベルの空色－赤色の間が CCT Count 10（水温換算 1.0℃）の等しい温度幅にきざんであるモードAの画像である。

3月28日の画像（写真1）は、CCT Count 100以上の高温水（相対的）が山陰沖合から能登半島北方まで広く分布することを示しており、富山湾から佐渡島西方域にかけては、CCT Count 90～100の水が北東に広がる分布パターンを示している。

5日後の4月2日の画像（写真2）は、山口県上空の軌道から得られたもので、前画像（軌道：朝鮮半島上空）より軌道差からくる大気誤差が小さいため、若干高目の水温表示となっているであろう。しかし、その点を加味してもこの画像では、全域的な高温化が目立ち、特に能登半島北西域、

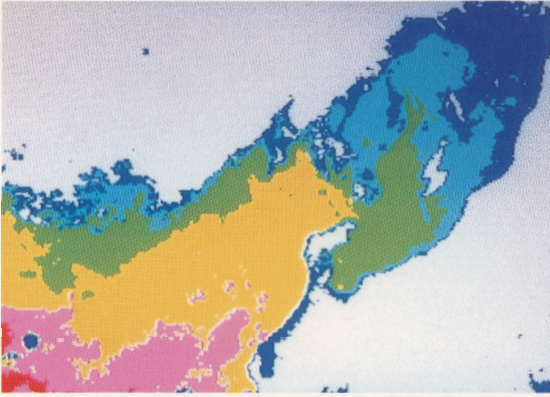


写真1 3月28日の赤外画像(モードA)

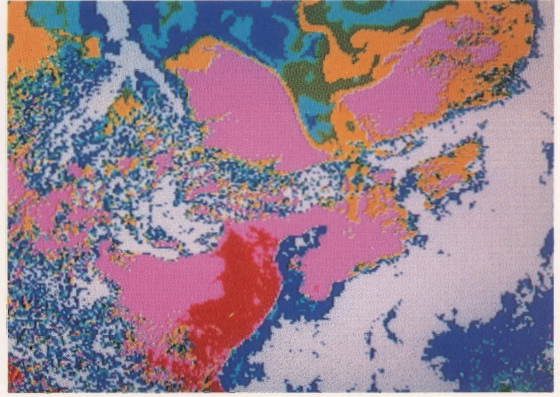


写真4 4月8日の赤外画像(モードA)

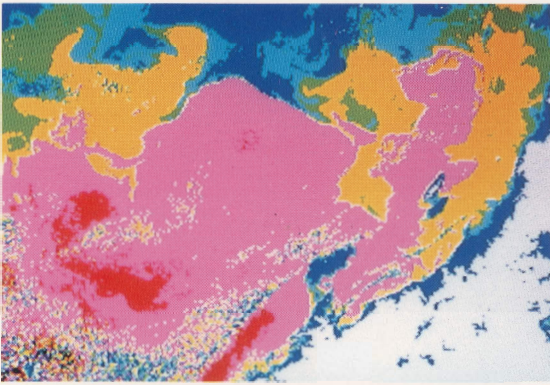


写真2 4月2日の赤外画像(モードA)

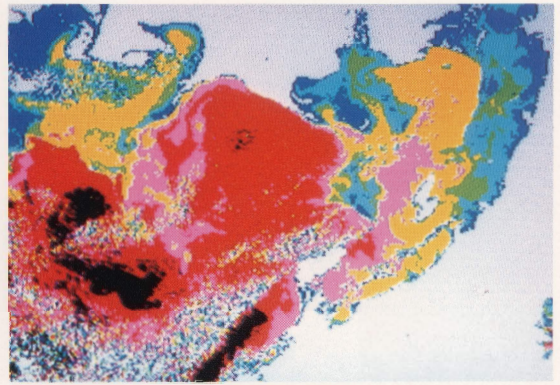


写真5 4月2日の赤外画像(モードE)



写真3 4月7日の赤外画像(モードA)

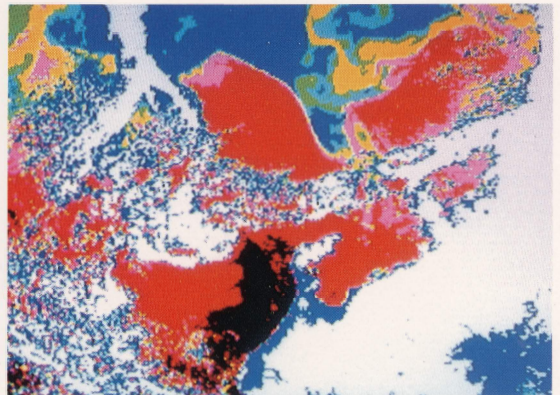


写真6 4月8日の赤外画像(モードI)

富山湾～佐渡北東にかけては、CCT Count 110～120の高温域（相対的）が連続的に分布し、前画像からの変化が認められる。一方能登半島北東には低温水（相対的）が北から南に張り出す分布を示している。しかし、この南方張り出しの冷水域は、2つの暖水、すなわち能登半島北方暖水と佐渡島北方暖水のそれぞれ東、西への拡がり分布によって、北方からの連続性が弱められ、孤立冷水化を示唆している。この傾向は、CCT Count をしばったモードE（写真5）の画像の中に、より明確に示されている。

4月7日（写真3）は、福島県上空通過の軌道からのもので、対象海域に近いが、5日前の画像にくらべると全域的に低温化が目立つ、その幅はCCT Count で約10であるが、佐渡北方ではCCT Count で約20の低温化が生じている。また能登半島北東の孤立冷水化した分布パターンは消滅し、冷水域の南方張り出し分布パターンも弱くなっている。このような前画像からの変化は、対象水域の水温分布が複雑なパターンから単調なパターンに変わったことを意味している。

4月8日（写真4）の画像では、佐渡島、能登半島北方に雲が連なっていて、完全に海面をとらえることができないが、前画像にくらべると全域的に昇温していることが伺える。その幅は、能登半島西方～北方域でCCT Count 約10、さらに佐渡島北方域ではCCT Count 約20の大きな昇温と見なされる。一方能登半島北方では、冷水の南方張り出し分布も明確に示され、さらにその中に小規模な孤立冷水域も出現している。このような特徴はCCT Count のきざみが小さいモードI（写真6）により明確に見られる。またこの冷水と周辺域の暖水との間には顕著な水温前線が形成されている。4月8日のこのような複雑化した水温分布は細かな点では若干異なるが、ほぼ4月2日のそれに復原したと見られる。

以上で3月28日～4月8日までの画像条件の良いものだけについて見てきたが、この短い期間にも表面水温、およびその分布パターンに大きな変化が認められた。このような表面における変化の要因として、気象変化を想定することができる。そこで図2に、3月25日～4月10日までの日本海中部域における気圧（海面上0m）、風速（海面上7.5m）、気温（海面上7.5m）、水温（海面下2m）を示した。資料は気象ブイロボット観測（気象庁 1985）によるもので、その位置は北緯37°45′、東経134°23′である。対象海域は、これより東方数100マイルのため、ここに示されたような気象変化は対象海域では半日前後遅れて生じるものと考えられる。4月2日から7日の間に994.5 mbの低気圧が記録されているが、天気図（気象庁 1984）によると4月5日2100時に中心気圧994 mbの低気圧が能登半島北東にあり北東へ向け通過中である。この低気圧のため対象海域は大時化になったとみられ、この時の風速は25m/sec以上、気温は約4℃以下で、それ以上の水温をもつ表面からの放熱は大きかったと考えられる。低気圧が通過した直後の4月7日の画像にはこの表面降温の結果が現われていると解釈できる。これからはほぼ一昼夜経過した4月8日には、気圧も上り発達した低気圧の余波も完全におさまったと考えられる。しかし、4月7日の相対的低水温とその単調分布パターンを相対的高温と複雑分布パターンに変えるような気象要因は明らかでない。一方この時期には対馬暖流（系水）の流量、熱量が増加しはじめることが明らかにされている（鳥羽他, 1981,

小川 (1983) が、それら移流効果を要因の1つとして考慮する必要があるかも知れない。いずれにしても短期変動の実態をもう少し多くのケースにおいてより詳細に補捉することが、このような変動のメカニズムを解明する上でも必要と考えられる。

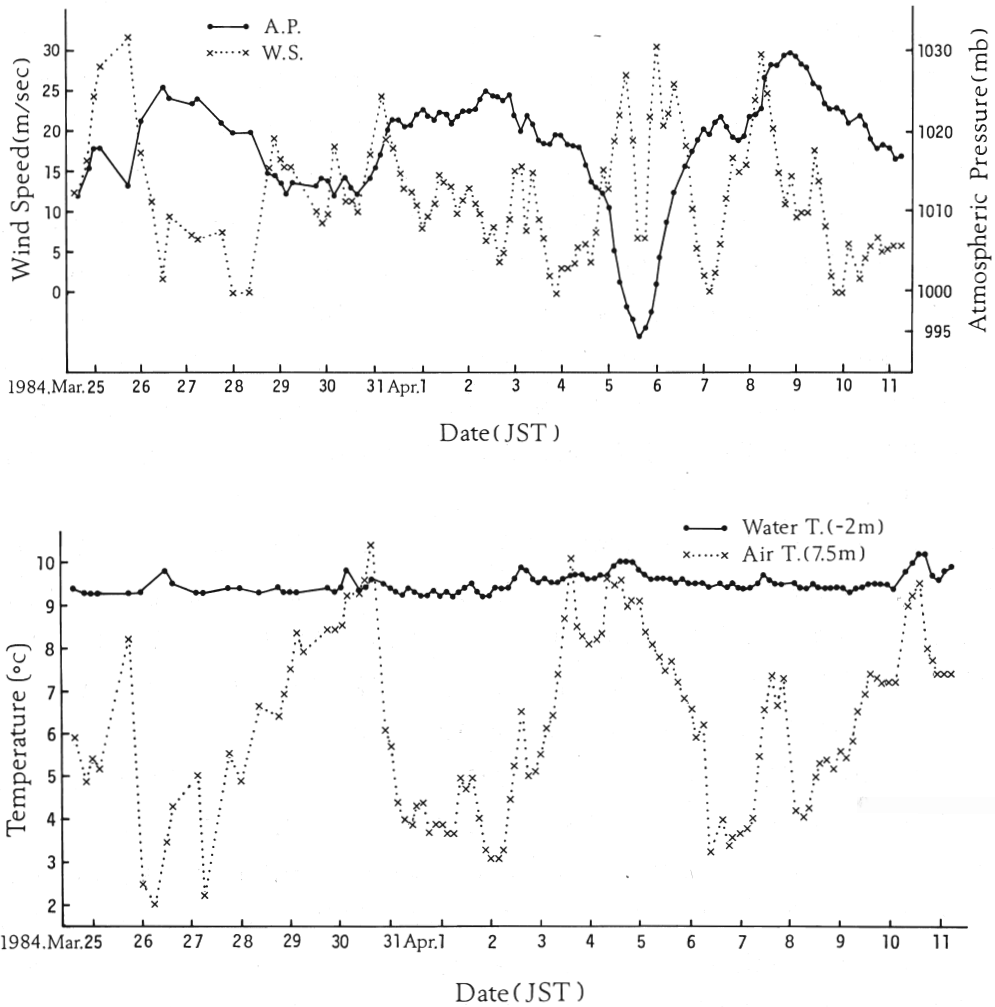


図2 海洋気象観測ブイによる気圧、風速、水温、気温の時系列変化

4. おわりに

以上パソコン画像を用いて日本海中部海域について述べたが他の同様の海況研究としては、山陰沖合域の事例（木谷他 1985）がある。ここでは海況パターンと海底地形の関係が、従来の海洋観測結果を用いるよりも、より細部にわたって検討できることが示され、海況パターンの形成メカニズムについても推論されている。前述の中部海域の場合も、この山陰沖合域の場合も数多くのパソコン画像を用いることによってその有効性を大きく引き出しているが、これは、今やリモートセンシング画像から期待される成果は、1枚の画像からではなく、大量の画像の中から得られるものに移って来ていることを示している。このような趨勢の中で、一般ユーザーとしては画像データが、さらに低コストで配布されることを望むようになるであろう。さいわいいくつかの機関において、パソコン画像用のデータサービスが実施される予定なので、画像の良質化、ソフトウェアの充実も含めて画像コストの低減がはかられるものと思う。

今後のこのように簡便に作成されるパソコン画像によって新しい情報が沢山もたらされるであろうが、さらにその情報をより実証的に生かすためには、フィールドにおいても新たな形式の海洋調査が必要となってくるであろう。最後に、ここに用いたパソコン画像、図版の作製等にご協力いただいた日本海区水産研究所片桐久子技官に対し、心から謝意を表す。

引用文献

- 小川嘉彦 (1983). 対馬海峡から日本海へ流入する海水の水温, 塩分の季節変化, 水産海洋研究会報, (43): 1-8.
- 木谷浩三・長田 宏・宗山 敬 (印刷中). 赤外画像による山陰沖海況の解釈, 空と海, 8.
- 気象庁 (1984). 天気図, 昭和59年4月1日~31日.
- 気象庁 (1985). 気象庁海洋気象ブイロボット観測資料, (8): 56-58.
- 鳥羽良明・富沢和身・倉沢由和・花輪公雄 (1981). 日本海の暖流系の変動について, 海洋科学, (13): 464-469.