

人工衛星海洋データの時空間平滑化と、得られる物理量への影響 --人工衛星海面高度計データの場合

Effect of temporal and spatial smoothing in satellite altimetry data

市川 香[1]

Kaoru Ichikawa[1]

[1] 九大・応力研

[1] RIAM, Kyushu Univ

<http://manatee.esst.kyushu-u.ac.jp/~ichikawa>

恒常的にデータ不足の状況にある外洋の海洋観測にとって、「膨大」と呼べるほど多量のデータがあるのは人工衛星による表層の観測のみであろう。既に多くの衛星観測データが、物理量の時空間分布の形に加工されて、インターネット上でWeb公開されている。ところで、これらのデータは、観測手法上の時空間平滑化と、データ・セットに内挿加工する際の平滑化の影響を受けている。ここでは人工衛星海面高度計の例をとって、海面高度計データから求めた地衡流速と、漂流ブイの移流速度や船舶による流速観測などの局所的な観測との比較を通じ、一般公開用のデータ・セット作成時の内挿処理によって失われる情報について議論する。

船舶を主体とする現行の海洋観測体制では、広大な面積を持つ外洋を時空間に密に観測することは不可能である。斬新な観測体制はいくつか提案されているものの、十分なデータを取得するには技術的にも経済的にも実現は容易ではなく、外洋の観測データは恒常的に不足している状況にある。一方、海面付近に情報が限定されてはいるものの、水平方向と時間に関して比較的細かい分解能で、広域にわたる観測が人工衛星によって行われている。ここ数十年の間に複数の衛星によって観測ミッションが引き継がれ、現在では海洋観測としては異例なほど「膨大な」量のデータが蓄積されている。これらの状況を考えると、外洋の海洋観測でデータ・セットの系統的な管理が最も必要とされるのは、人工衛星による海洋表面の観測であると言っても過言ではないだろう。

人工衛星による海洋観測では、可視光、赤外線、マイクロ波などの放射・反射強度や伝播時間を測定することで、海面水温、短波・長波放射、海上風速、海面高度など様々な物理量を推定する。データにはいくつかの処理レベルがあるが、学術および一般の使用者向けにインターネット上のWebなどで公開されているのは、上記のような物理量に変換され、さらに時空間に格子化するように加工されたようなデータ・セットである。Web上でのデータの公開については、PO.DAACのPathfinderプロジェクト(<http://podaac-www.jpl.nasa.gov/>)や、日本のJ-OFUROサーバー(<http://dtsv.scc.u-tokai.ac.jp/>)などを参照して頂きたい。

このような加工データは、主に2種類の時空間内挿の影響を受けている。一つは、リモートセンシングの「分解能」または「フットプリント」で、それ以下のスケールの現象は観測手法上認識できない。もう一方は、公開用データ・セットとして格子化する際の時空間内挿における平滑化である。両者の程度は対象とする物理量によって差があり、例えば気象観測衛星の可視画像のような場合、平滑化は前者のみで後者の影響はほとんどない。逆に、衛星直下点の高度しか計測しない海面高度計の場合、観測データは空間的に線上の分布となり、従って格子化する際の影響を最も強く受ける。ここでは海面高度計の例を考え、エンドユーザーへ公開するためにデータを格子化する際の、時空間内挿の影響について考えていく。

海面高度計のデータは、衛星の軌道パターン特性に基づいて最適内挿を行った。具体的には、TOPEX/POSEIDON衛星とERS-1/2衛星の海面高度の時間変動成分のデータに対し、[360km, 10日](1)と[90km, 35日](2)の各々の平滑化スケールで内挿処理を行い、これと気候学的平均海面力学高度を組み合わせ、ある時間における海面力学高度分布を1992年4月から6.5年の期間で求めた。さらに、この海面力学高度の空間微分から地衡流速(V_a)を求め、同時期の漂流ブイの軌跡から求めた流速(V_b)と北太平洋で比較した。漂流ブイのデータは、非地衡流成分の影響を軽減するために3慣性日で平均し、さらに軌跡の曲率半径が高度計の空間平滑化スケールよりも大きいもののみを比較対象とした。全般に両者の相関は有為に高く、相関係数には位置や平滑化スケールへの強い依存性はなかった。これに対し、両者の回帰直線の傾きには、高緯度になるほど V_a が過小評価されている傾向が明確に認められ、特に高度計データの内挿時の空間平滑化が大きい場合(1)、高緯度における V_a は、 V_b の1/5~1/10程度の大きさしかなかった。これは、高緯度ほど現象の空間スケールが小さくなるため、特に(1)の場合には、高度計のデータ・セットで表現されている空間分解能の方が現象のスケールよりも大きくなったためだと考えられる。また、海域は限定されるが、船舶によるADCP流速観測(V_c)と前述の V_a の比較も行ったところ、対応する緯度帯における V_a と V_b の比較結果と同様な傾向が得られた。一方、 V_c を航路沿いに高度計と同程度で平滑化すると、 V_a と V_c の一致性は大幅に改善された。特に、 V_a が過小評価される傾向はなくなり、(1)と(2)の平滑化スケールへの依存性もなくなった。

これらのことより、高度計による地衡流速 V_a は、「平滑化された流速」としては正しい値を表現していると結論される。と同時に、データの利用者は「流速」にスケール依存性があるという認識を持つ必要があると言える。例えば、物質の移流などを考えるための「流速」には、高度計から求めた「流速」 V_a は著しく過小評価されている。一般公開したデータのエンドユーザーは様々な目的を持ってデータを利用することが考えられるため、「流速」などの一般的な物理量名が一人歩きしないように公開する配慮が必要であろう。