



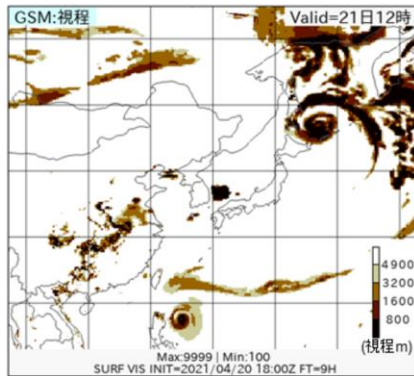
第2章 応用編

2.7 ガイダンスの改良

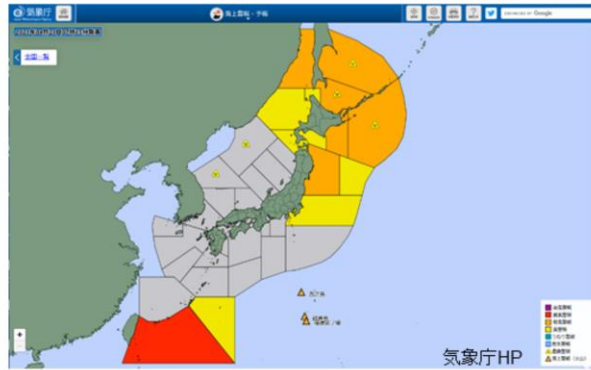
GSM視程ガイダンス(格子形式)の改良

GSM視程ガイダンス(格子形式)

- GSM視程ガイダンス(格子形式)は、主に全般海上警報における海上の霧の予想への支援資料として開発されたプロダクト。



GSM視程ガイダンス(格子形式)



海上警報・予報

※全般海上警報は東経100°～180°、赤道～北緯60°で囲まれた北西太平洋海域を対象

GSM視程ガイダンス(格子形式)は、主に全般海上警報における海上の霧の予想への支援資料として開発され2012年10月から運用を開始した。

視程に関する分布予報としては、MSM視程ガイダンス(格子形式)が運用されていたが、MSMの予報範囲では海上予警報業務の対象領域をカバーすることができないため、GSM視程ガイダンス(格子形式)が開発された。

MSM視程ガイダンス(格子形式)との予測方法の違いは、MSM視程ガイダンスはモデル面データを使って視程を計算しているが、GSM視程ガイダンスはP面データを使って視程を計算している。また、MSMでは、降水量(雪)を直接予想しているが、GSMでは直接予想しないため、降水種別ガイダンスの手法を用いて雨雪判別を行い、雪と判定された格子の降水量(雨)を降水量(雪)に置き換えて視程の計算を行っている。

プロダクトの名称として、開発当初は視程分布予想と呼ばれていたが、2020年3月配信開始にあわせて、視程ガイダンス(格子形式)に変更された。

視程と消散係数について

- 照度Eの対象物からの距離rでの光の減衰率
→消散係数 σ と定義

$$dE/dr = -\sigma E$$

σ を平均値とし、

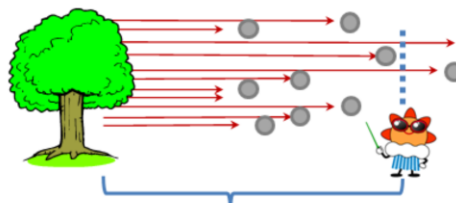
$$E(r)/E(0) = \exp(-\sigma r)$$

右図の説明から

$$0.05 = \exp(-\sigma VIS)$$

$$VIS = -\ln(0.05)/\sigma \doteq 3/\sigma$$

σ は各浮遊物質(浮遊塵、雲、雨、雪)による消散係数(σ_p 、 σ_c 、 σ_r 、 σ_s)の和



照度がもとの値の5%まで減衰する距離＝視程VIS

GSM視程ガイダンス(格子形式)はGSMの地上予報値の相対湿度とP面予報値の雲水量から光の消散率(光消散係数 σ)を求め、それを視程に変換して算出する。

視程をVIS(km)とすると、VISは σ を用いて以下の式で表すことができる。

$$VIS \doteq 3/\sigma$$

ここで、 σ は、空气中に浮遊している浮遊塵、雲粒(霧)による光消散係数(σ_p, σ_c)の和で与えられる。

$$\sigma = \sigma_p + \sigma_c$$

散乱粒子は他にも雨粒や雪などがあるが、GSM視程ガイダンス(格子形式)は霧による視程悪化をターゲットとしているため、浮遊塵と雲粒のみを用いて計算している。

浮遊塵による光消散係数 σ_p は、以下の近似式を用いる。

$$\sigma_p = 0.162(1 - RH)^{(-0.5)}$$

この近似式は、岩倉・岡田(1999)などを参考にするとともに、2008年から2010年の3年間の定時および特別飛行場観測(METARおよびSPECI)の視程(10km未満のみ)とモデルの相対湿度の予報値の関係から作成した。RHは地上の相対湿度で、0~1(相対湿度100%のとき1)の値をとる。なお、この関係式は高湿度で成り立たなくなるため、RHは0.85を上限とし、RHが0.85以上の場合は0.85として計算する。また、降水が予想された場合は、降水による浮遊塵の洗浄の効果を考慮して $\sigma_p=0$ とする。係数作成のために船舶観測(SHIP)ではなく飛行場観測を用いた理由は、船舶観測は主に6時間毎であるため飛行場観測(定時観測であるMETARは30分もしくは1時間に1回)に比べ観測数が少ないことと、視程観測の刻みが船舶の方が粗いためである。(井藤 2013)

変更内容

- 令和3年3月の GSM の改良後の調査結果から雲水量を最下層だけの利用に変更(令和3年6月)。

変更前(旧):雲の消散係数

$$\sigma_c = 22.7 \times CWC_3^{0.96} \text{ (オホーツク海: } 45 \sim 60^\circ \text{ N, } 140 \sim 155^\circ \text{ E)}$$

$$\sigma_c = 29.3 \times CWC_2^{0.96} \text{ (オホーツク海以外)}$$

CWC_n :地上気圧より上層の気圧面n層の雲水量の和(g/kg)
(n:2または3)



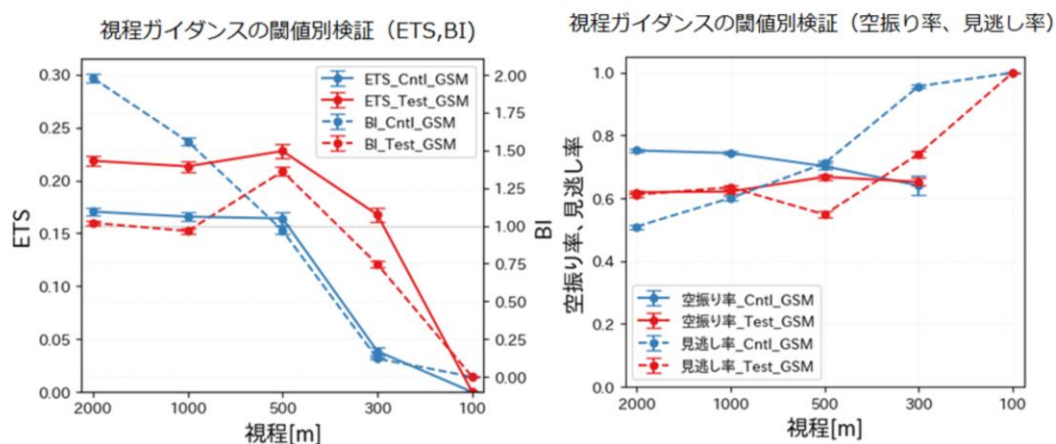
変更後(新):雲の消散係数

$$\sigma_c = 100 \times CWC_1^{0.96} \text{ (全領域)}$$

CWC_1 :地上気圧より上層の気圧面1層の雲水量(g/kg)

令和3年3月に GSM の改良が行われたが、改良後の GSM を用いた調査により、予測に用いる GSM の気圧面及び予測式の係数を変更することによって、GSM 視程ガイダンス(格子形式)の予測精度が大幅に向上することがわかった。このため、令和3年6月22日から新たな予測式を導入した。

統計検証結果



旧仕様のGSM視程ガイダンス(格子形式)(以降旧GSMガイダンスと表記)と新仕様のGSM視程ガイダンス(格子形式)(以降新GSMガイダンスと表記)の予測精度について、統計検証を実施した。2019年3月16日00UTC~2020年3月25日18UTC初期時刻のデータで新GSMガイダンスの雲の消散係数の調整を実施。2020年3月16日00UTC~2021年3月25日18UTC初期時刻のデータで、新旧GSMガイダンスの予測精度を比較(検証期間については以降の検証でも同様)。赤色が新GSMガイダンス(Test)青色が旧GSMガイダンス(Cntl)、左図実線がETS、破線がBIを、右図実線は空振り率、破線は見逃し率を表す。また、グラフ中の誤差棒は95%信頼区間を表す(以降のグラフも同様)。

旧GSMガイダンスに比べ、新GSMガイダンスは視程100mを除き、ETSで大幅に改善、BIもおおむね1に近づきより適切なものとなった。

見逃し率は500,300mで改善、2000mで改悪となった。空振り率は2000,1000,500mで改善となった。

ETS:エクイタブルスレットスコア、スレットスコアが現象の気候学的出現率の影響を受けやすいため、気候学的な確率で「現象あり」が適中した頻度を除いて求めたスレットスコア。値が大きいくほど精度が高い。

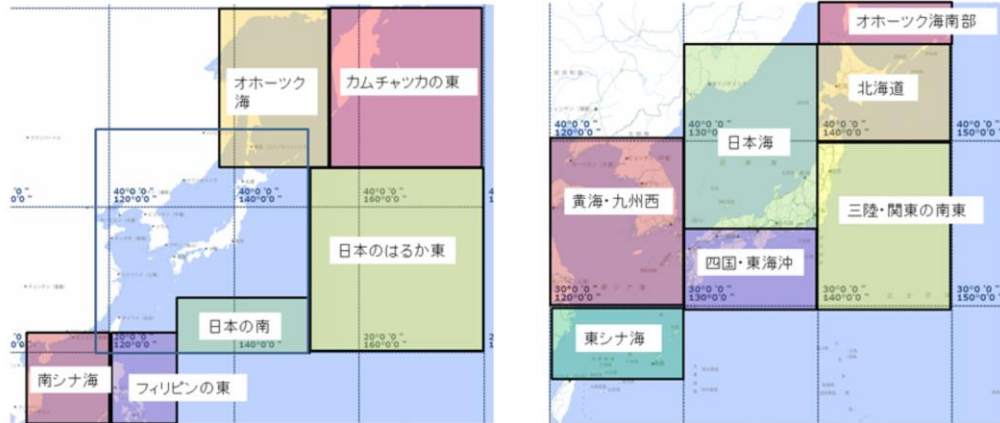
BI:バイアスコア、実況「現象あり」の事例数に対する予測「現象あり」の事例数の比、1に近いほど実況の出現率に近い。

(詳細は4.6.2項を参照)

海域の対応(海域別検証)

外海

日本近海



「国土地理院 小縮尺地図(500万分1)を加工して作成」

「The bathymetric contours are derived from those contained within the GEBCO Digital Atlas, published by the BODC on behalf of IOC and IHO (2003) (<https://www.gebco.net>)

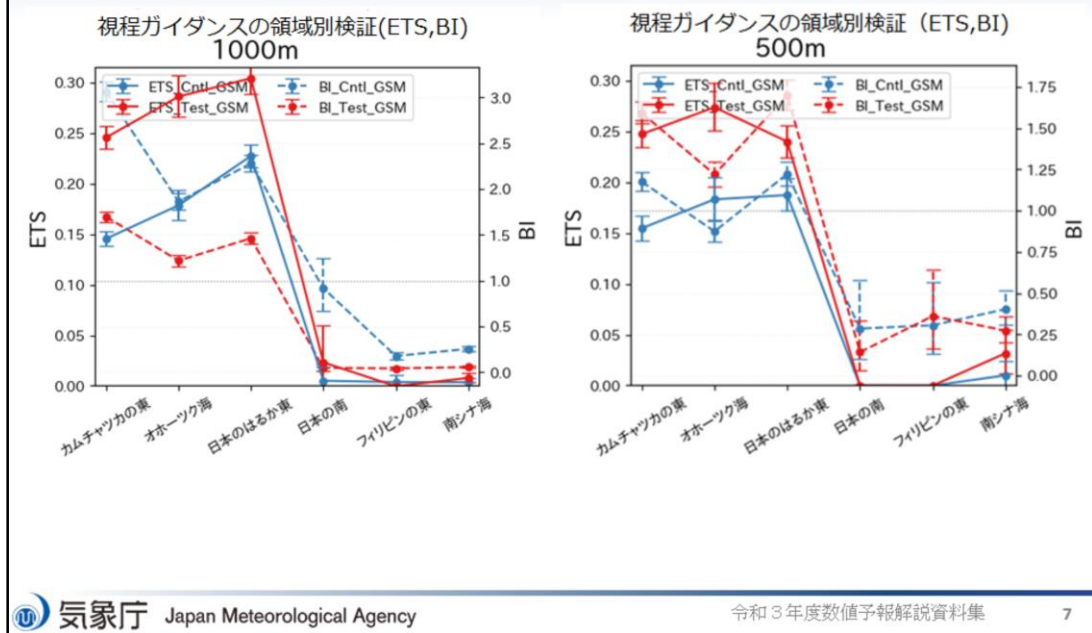
海上保安庁許可第292502号(水路業務法第25条に基づく類似印刷物)」

Shoreline data is derived from: United States. National Imagery and Mapping Agency. "Vector Map Level 0 (VMAPO)." Bethesda, MD: Denver, CO: The Agency; USGS Information Services, 1997.

海域別検証に利用した海域の対応を図に示す。

左図は外海の検証を行った海域の対応、右図は日本近海の比較検証を行った海域の対応。

海域別検証(外海)



海域別検証(外海)の結果を示す。

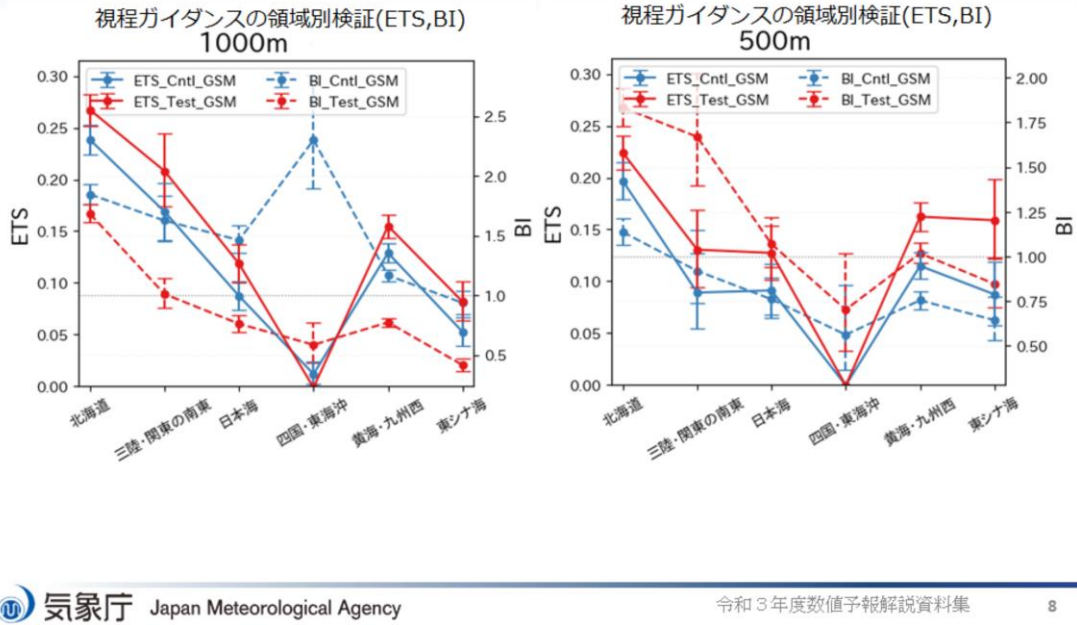
赤色が新GSMガイダンス(Test_GSM)、青色が旧GSMガイダンス(Cntl_GSM)を表す。

左図は視程1000mのETS(実線)、BI(破線)、右図は視程500mのETS,BI。

カムチャツカの東、オホーツク海、日本のはるか東でETSが大幅に改善、BIは1000mで改善するが、500mではやや改悪(過剰)。

日本の南、フィリピンの東、南シナ海では中立。

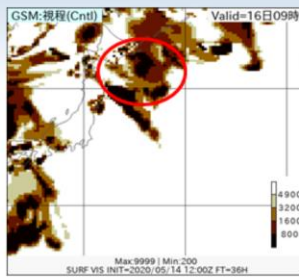
海域別検証(日本近海)



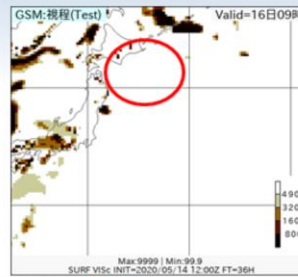
海域別検証(日本近海)の結果を示す。図の見方は外海と同様。

四国・東海沖以外では、ETSが改善している。

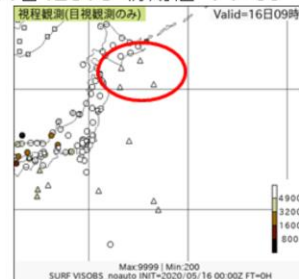
事例検証1: 空振りの減少: 北海道の南東



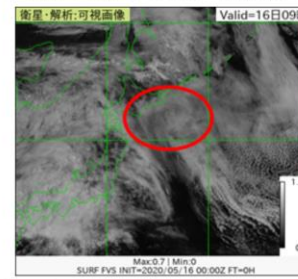
視程予測図 (Cntl)
2020年5月14日12UTC 初期値 FT=36



視程予測図 (Test)
2020年5月14日12UTC 初期値 FT=36



視程観測 (METAR、SHIP) 2020年5月16日00UTC



衛星可視画像2020年5月16日 00UTC

2020年5月16日00UTCを対象とした、旧GSMガイダンスと新GSMガイダンスの予測結果の比較を示す。

上段左図旧GSMガイダンス (Cntl)、上段右図新GSMガイダンス (Test)、下段左図METAR、SHIPによる視程の観測、下段右図衛星可視画像。

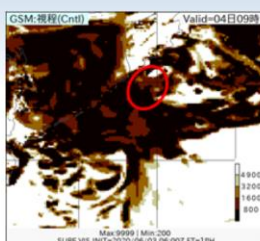
赤で囲んだ領域 (北海道の南東) に注目すると、Cntlでは悪視程を予測しているがTestでは予測していない。

衛星可視画像では雲により霧や下層雲の判別はできないが、SHIP観測によると霧は発生しておらず、新GSMガイダンスの方が空振りを減らしてより適切な予測ができていたことが分かる。

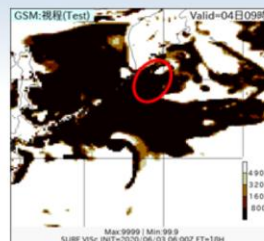
事例検証2: 量的な精度改善: カムチャツカの南



視程観測(METAR、SHIP)
2020年6月4日00UTC



視程予測図(Cntl) 2020年6月3日
06UTC 初期値 FT=18



視程予測図(Test) 2020年6月3日
06UTC 初期値 FT=18

赤で囲んだ領域を中心に拡大



2020年6月4日00UTCを対象とした、旧GSMガイダンスと新GSMガイダンスの予測結果の比較を行った。

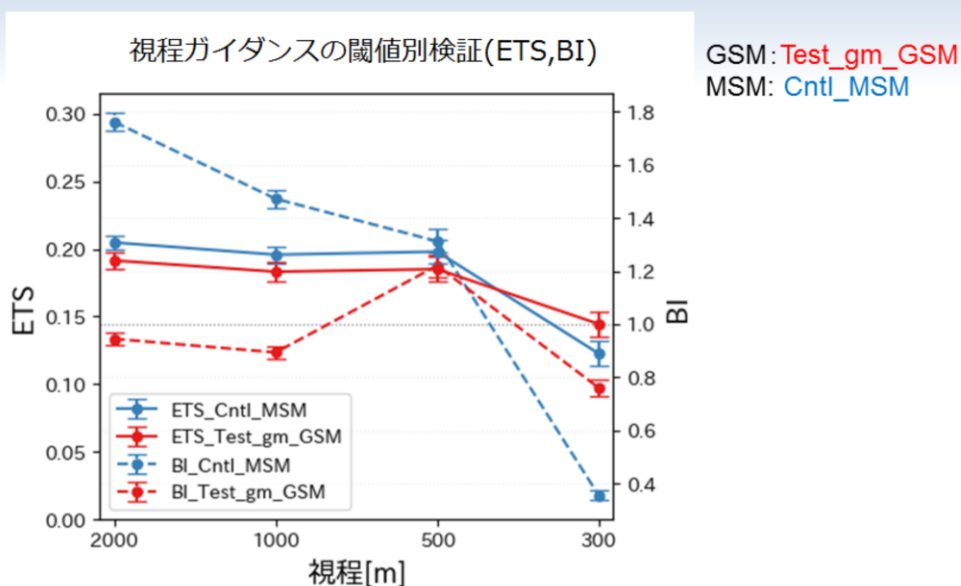
上段左図METAR、SHIPによる視程の観測値、上段中図旧GSMガイダンス(Cntl)、上段右図新GSMガイダンス(Test)。

下段は赤で囲んだ領域を中心として各々の図を拡大したもの。左図の緑枠内は視程の観測値(m)、中図、右図の緑枠内はガイダンスの予測値(m)。

赤で囲んだ領域(カムチャツカの南)に注目。Cntl、Testともに悪視程を予測しているが、Testは800m以下の予測領域が大きい、また観測の有る地点での予測はCntlが1000m、Testが200mとなっている。

SHIPによる観測では両地点とも200m以下となっておりTestが量的によりよい予測をしていることが分かる。

GSM vs MSM精度比較



新GSMガイダンスとMSM視程ガイダンス(格子形式)(以降MSMガイダンスと表記)の精度比較検証結果を示す。

赤色がGSMガイダンス(Test_gm_GSM)、青色がMSMガイダンス(Cntl_MSM)、実線がETS破線がBIを表す。

ETSは2000m～500mでMSMガイダンスが優位、300mではGSMガイダンスが優位。BIはGSMガイダンスが概ね1に近く、適切な予報頻度となっている。

まとめ

- 雲水量の気圧面の使用層を3層から1層へと変更。
- ETSは全ての閾値で改善。BIもおおむね1に近づき適切な予測頻度になった。
- カムチャツカの東、オホーツク海、日本のはるか東の海域でETSの改善が大きい。
- 事例検証では、空振り事例が減り、量的にも適切な悪視程の予測分布となっていることが確認された。
- MSM予報領域内では、これまで通り、MSMの方がおおむね精度は良い。しかしGSMはBIがMSMよりも1に近い場合、MSMの予測を基本としつつも、GSMも参考にすることができる。

参考文献

- 岩倉晋, 岡田菊夫, 1999: 東京国際空港における卓越視程の相対湿度依存性. 気象研究所報告, 50, 81-90.
- 井藤智史, 2013: GSM視程分布予想の開発, 平成25年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 58-62.