

最新の技術動向と防災への活用可能性

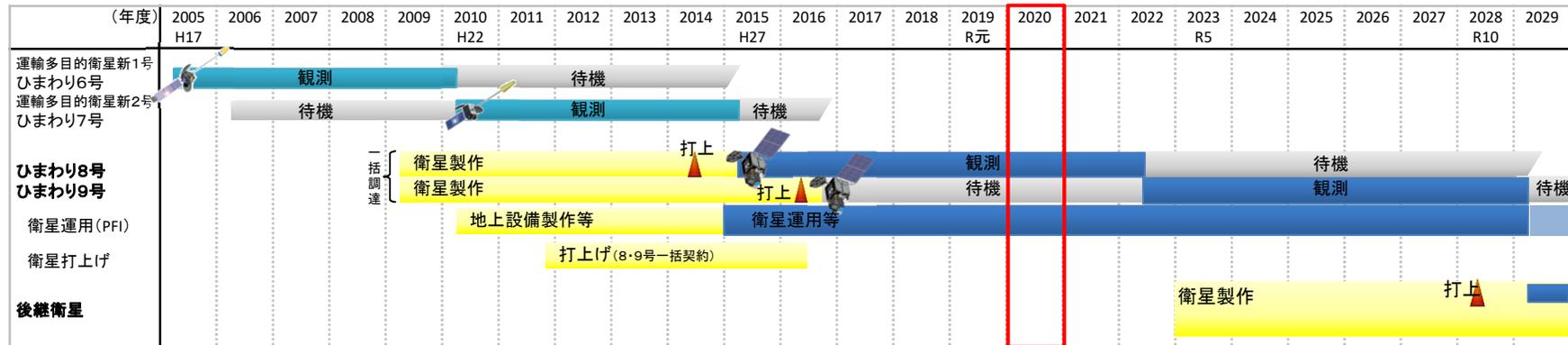
令和2年7月21日

気象庁

観測部気象衛星課

< 現行衛星 > ひまわり8号・9号

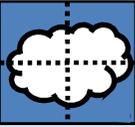
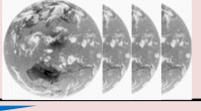
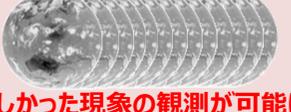
- **実績と計画**
 - ひまわり8号: 2014年10月に打ち上げ、2015年7月から観測運用
 - ひまわり9号: 2016年11月に打ち上げ、2017年3月から軌道上待機運用
 - 8号・9号の2機体制により、2029年まで運用予定



- 軌道上の待機衛星を、常に確保し続けてきている
- 衛星の長寿命化により、運用期間は伸びてきた

● 観測性能

- 静止衛星としては世界最高水準のイメージャを搭載

	水平分解能の向上	観測回数の増加	観測画像の種類増加	
ひまわり7号	 可視 1km 赤外 4km	 1時間に1回 (北半球は30分毎)	可視光観測 1種類のため 白黒画像 	赤外線観測 4種類 
ひまわり8号・9号	2倍  可視 0.5km、1km 赤外 2km	大幅増  1時間に6回 (10分毎) 日本付近及び台風は2.5分毎	大幅増 3種類になり カラー画像の 作成が可能に 	大幅増 新たに近赤外線も含めて13種類に 判別が難しかった現象の観測が可能に 

＜現行衛星＞ 気象業務における利用状況

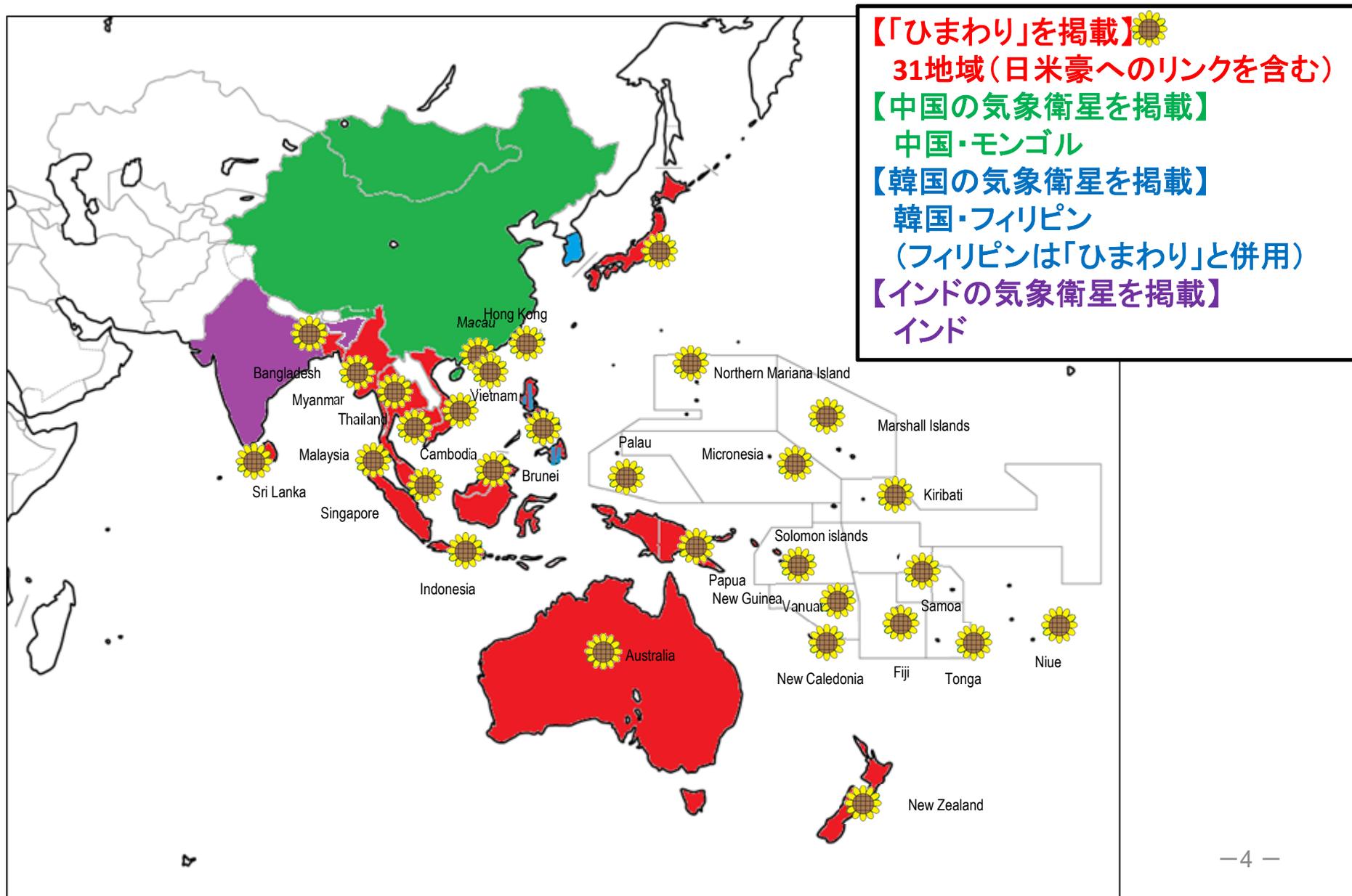
分野	主なプロダクト等	現行イメージャ (AHI)																観測頻度
		利用バンド																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
基本	基本雲プロダクト※			○	○	○		○	○		○	○		○	○	○	○	10分
	RGB合成画像等※	○	○	○	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	△	○		2.5/10分
天気	推計気象分布(晴曇判別)※	△	△	○	△	△	△	○	△	○	△	△	△	△	○	○	△	10分
	日照時間プロダクト			△		△								△				2.5分
	霧監視※			○	○	○		○						○				10分
	雪氷プロダクト		△	△	△	△		△			△	△		△	△	△	△	10分
	雷ナウキャスト※			○		○		○	○		○			○		○		2.5分
	レーダー品質管理													○				2.5分
数値	大気追跡風※			○				○	○	○	○			○		○	○	2.5/10分
	輝度温度同化※								○	○	○			○				60分
予報	雲情報※			○	○	○		○	○		○	○		○	○	○	○	10分
	台風位置・強度※			○		○		○	○	○	○			○		○		10分
	台風強風域※			○				○	○	○	○			○		○	○	2.5分
航空	積乱雲情報※	○	○	○				○	○		○	○		○	○	○	○	2.5分
火山	火山灰プロダクト※		○	○				○		○	○	○		○	○	○	○	10分
海洋	海面水温※							○					○	○	○			10分
	海氷※	○	○	○	○	○		○						○	○			10分
環境	エアロゾル・黄砂※	○	○	○	○	○	○											60分

○ 利用中
 △ 利用準備中
 ※印は気象庁から提供しているプロダクト等

- 気象業務で全16バンドを利用
- 後継衛星のイメージャは、現行の性能をベースに引き続き検討

< 現行衛星 > 海外でのひまわり依存状況

各国の気象機関が自らのウェブサイトにどの国の衛星画像を掲載しているか (令和2年1月現在 気象庁調べ)

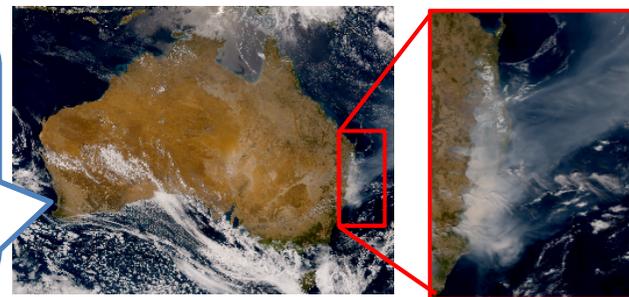


< 現行衛星 > 国際協力(ひまわりリクエスト)

「ひまわりリクエスト」

- ・ひまわり8号・9号は、観測場所の変更が可能な観測機能(機動観測)を有しており、火山や熱帯低気圧等の集中的な監視(2.5分毎)に利用。
- ・平成30年1月より、外国気象機関から要請(リクエスト)された領域に対して機動観測を行うサービス「ひまわりリクエスト」を開始。
(概ね要請から1時間以内に観測開始)
→ 各国の災害リスク軽減に貢献

2019年11月11日
オーストラリア気象局からの依頼を受けて実施した大規模山火事観測



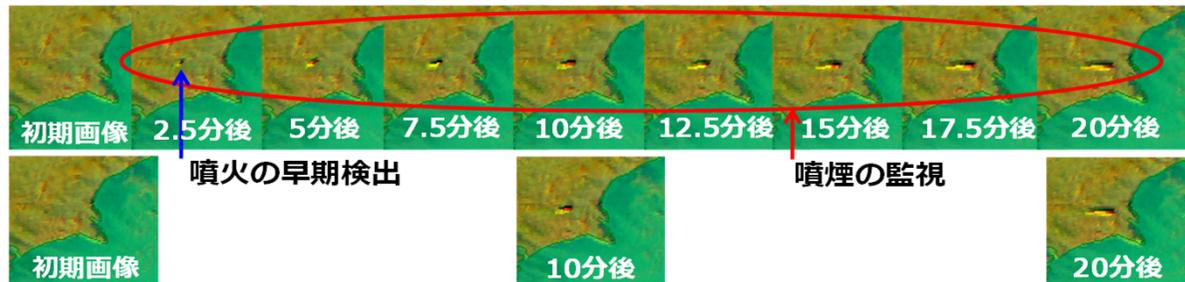
オーストラリア気象局から感謝の言葉 (Twitter)

高頻度な領域観測による効果

火山噴火

連続する画像(動画)を用いることで噴火直後の噴煙をより詳細に監視が可能に。

2.5分毎の画像

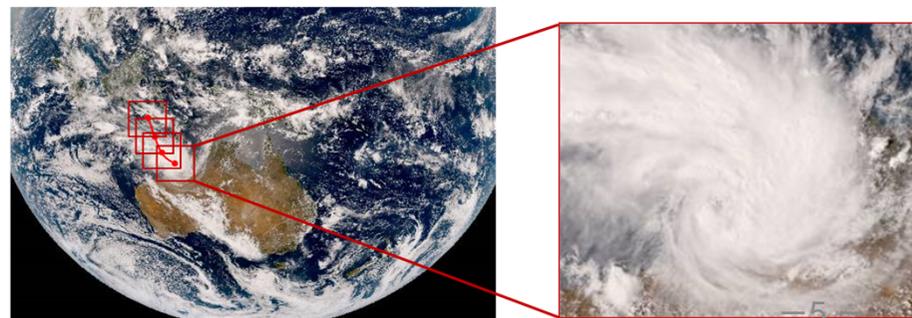


熱帯低気圧

(台風・サイクロン)
連続する画像を用いることで熱帯低気圧の構造や中心位置をより詳細に把握が可能に。

2.5分毎の熱帯低気圧の追跡観測が可能(イメージ図)

オーストラリア北西部に上陸しつつある熱帯低気圧(平成29年12月27日)

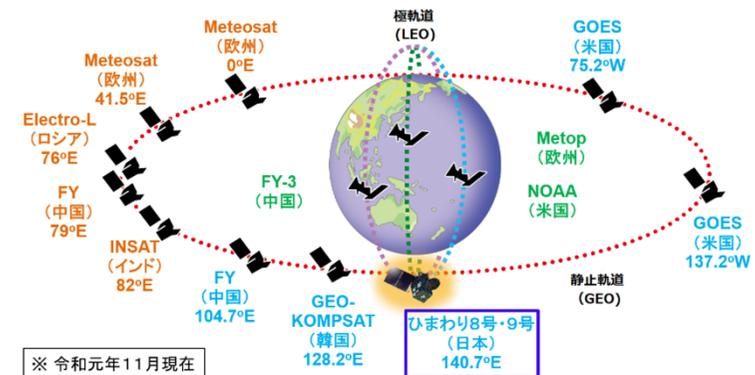


<国際動向> 世界気象機関(WMO※) とWIGOSビジョン

※ World Meteorological Organization

- 気象業務に関する国際的な調整・標準化等を目的とする国連の専門機関。187か国・6領域が加盟。
 - 歴代気象庁長官は執行理事(各国気象機関の長37名で構成)としてWMOの意思決定に参画。

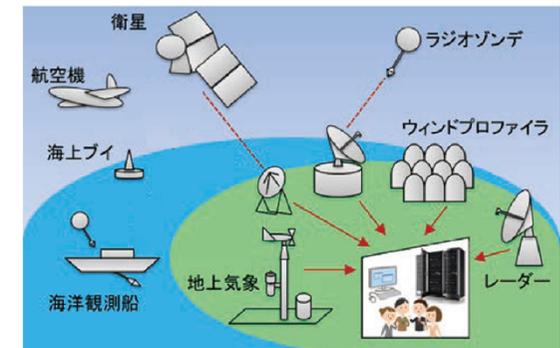
- 世界気象監視(WWW: World Weather Watch)計画の一環として地球を取り囲むように世界的な衛星観測網を展開しており、日本のひまわりは、昭和53年(1978年)以降、アジア・オセアニア及び西太平洋地域の観測を担っている。



世界気象衛星観測網

- 衛星を含む様々な観測を統合して取り扱うWMO統合全球観測システム(WIGOS: WMO Integrated Global Observing System)を推進しており、WIGOSビジョン2040で、2040年頃の静止気象衛星に求められる機能を推奨。

- 高頻度・多波長イメージャ
- ハイパースペクトル赤外サウンダ
- 雷センサ
- 紫外・可視・近赤外サウンダ



WMO統合全球観測システムの概念

<国際動向> WMO WIGOSビジョン2040と各国の状況

※WMO(世界気象機関)が推奨する、2040年頃の静止気象衛星に搭載されていることが望ましいセンサ

○運用中 △試験運用中 計画あり(打上予定時期) - 未定

2020年6月時点

VISION for WIGOS in 2040※	日本	米国	欧州	中国	韓国
高頻度・多波長イメージャ 雲や地表によって反射された太陽光及び雲、地面、大気から放射される赤外線を測定し、雲や上空の水蒸気の分布を観測するセンサ	○ (バンドの追加等の機能向上の可能性)				
ハイパースペクトル赤外サウンダ 大気からの赤外放射を高い周波数分解能で測定し、気温や水蒸気などの大気鉛直構造を観測するセンサ(以降「赤外サウンダ」)	-	-	2023~	△	-
雷センサ 雷(対地雷及び雲放電)にともなう光(稲光)を検出することで雷の観測を行うセンサ	-	○	2021~	△	-
紫外・可視・近赤外サウンダ 対流圏オゾンやNO ₂ といった大気汚染物質を観測する大気化学センサ	-	2022~	2023~	-	2020~

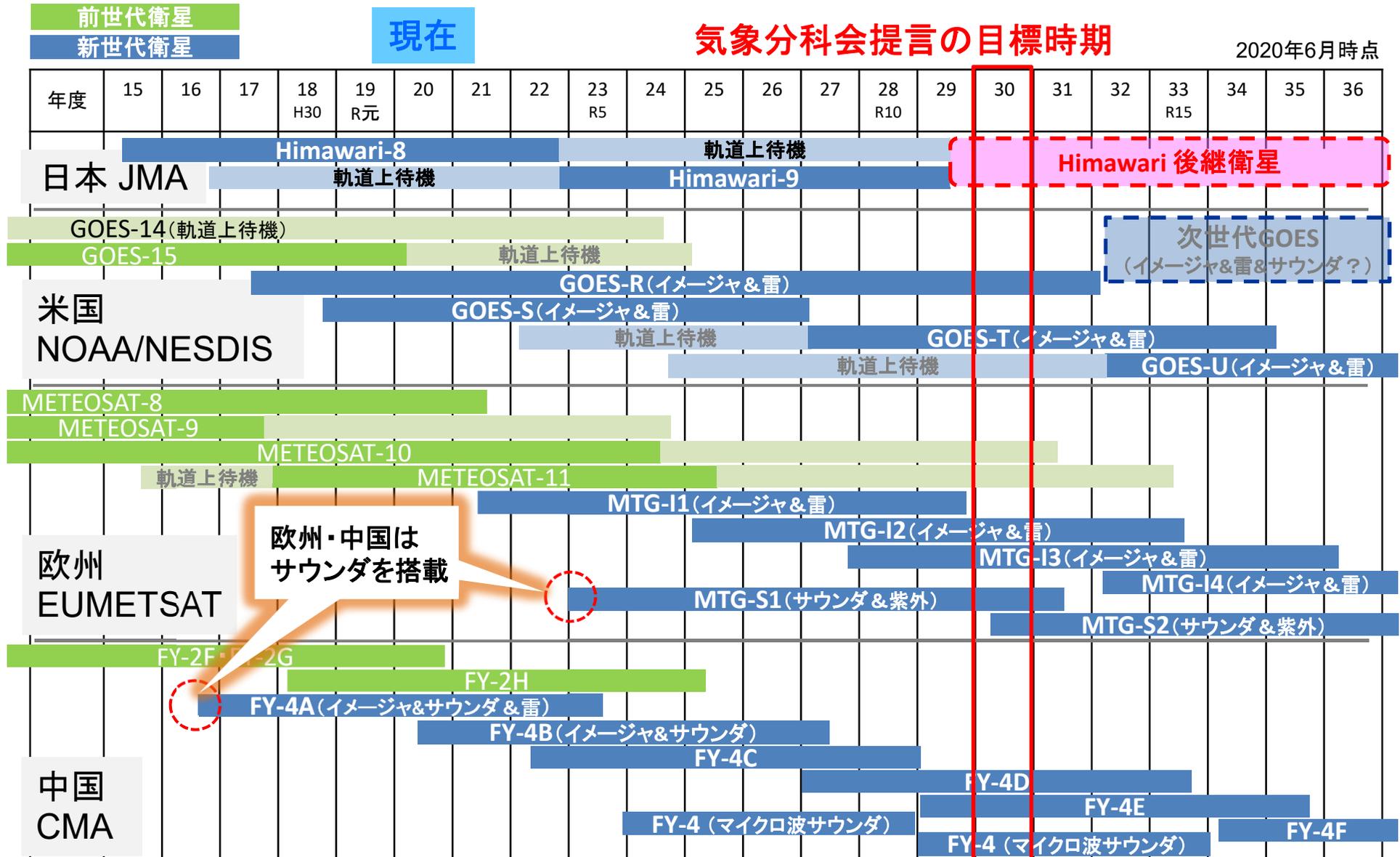
➤ 静止気象衛星にイメージャに加え新型のセンサを搭載するのが国際的な動向

<国際動向> 気象衛星調整会議 (CGMS※)における議論

※ Coordination Group for Meteorological Satellites

- 気象衛星及び地球観測衛星の運用機関(日・欧・米・露・中・印・韓)並びにWMO等の国際機関で構成される。
 - 1972年に日欧米で発足。事務局は欧州気象衛星開発機構(EUMETSAT)
- WIGOSビジョン2040などのWMOの活動に対応して、気象衛星及び地球観測衛星を用いた気象監視・予測や気候監視を支援するため、以下の事項を議論・調整する。
 - 衛星観測網の現状や開発・整備計画の共有
 - 衛星観測スケジュールや観測軌道の最適化
 - 衛星が使用する電波の周波数利用
 - 衛星観測データの品質評価や衛星プロダクトの開発・改良
 - 衛星データの配信、データ利用促進のための利用者支援・研修の実施
- 本年の第48回会合(Web開催)では、各国の後継衛星計画について意見交換を行っている。
 - 各衛星運用機関の気象衛星観測網の将来計画
 - 静止衛星搭載赤外サウンダの効果に関する数値シミュレーション(OSSE)

<国際動向> 主要国の静止衛星計画



※ NOAA/NESDIS, EUMETSAT, CMAの衛星計画は、各機関のWebsiteや国際会議の発表資料を参照

<https://www.nesdis.noaa.gov>, <https://www.eumetsat.int/>, <http://www.nsmc.org.cn/en/NSMC/Home/index.html>,

<https://www.cgms-info.org/agendas/agendas/CGMS-47>, <http://www.bom.gov.au/research/aomsuc-10/presentations/S1-P2-FANG.pdf>

＜防災力向上の目標＞ 気象庁の重点的な取組事項

交通政策審議会気象分科会 提言（H30年8月）

2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方 重点的な取組事項

① 観測・予測精度向上に係る技術開発

気象・気候

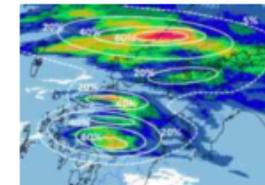
（具体目標の例）

現在～ 1時間程度	「いま」の気象状況と直近予測（1時間先の大雨を実況に近い精度で予測） 早め早めの防災対応等に直結する予測
～半日程度	（線状降水帯の発生を含め集中豪雨の予測精度向上）
～3日程度	台風予報など数日前からの見通し予測 （3日先の進路予測誤差を現在の1日先と同程度へ）
～1か月 ～数ヶ月	数週間先までの顕著現象の見通し予測 数ヶ月先の冷夏・暖冬等の予測（確率予報をよりメリハリのある予報へ）
数十年後 ～100年後	地球温暖化の将来予測（詳細な地球温暖化予測で適応策を支援）

（具体的な取組の内容）

- 気象衛星、レーダー等の充実・高度化、膨大な観測データの活用
- 研究機関との連携等による数値予報技術向上、「地球システムモデル」導入

雨の原料となる「暖かく湿った空気」が供給され続けることで、線状の降水帯が発生
→線状降水帯予測、台風進路予測向上には水蒸気等の鉛直情報が必要



線状降水帯の予測



台風の進路予測 熱波、寒波の予測



地球温暖化の予測

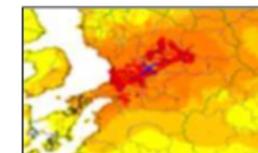
地震・津波・火山

（具体目標の例）

- 地震 …面的な揺れの広がり予測
地震活動や地殻変動の的確な評価による地震活動の見通しを提供
- 津波 …第1波・最大波から減衰まで時間的推移
天文潮位を考慮した津波の高さ予測
- 火山 …地下構造や噴火履歴を踏まえた評価・解説、
降灰予報の予測精度向上

（具体的な取組の内容）

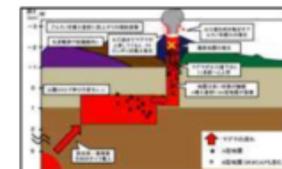
- 大学や研究機関が実施する観測、調査研究成果やWebカメラ・ドローン等の積極的な活用
- 津波のリアルタイムシミュレーションの実施、噴煙観測データの降灰予測への同化。



地震の面的な広がり
の予測



津波の時間的推移



火山の地下構造のイメージ化

＜技術動向調査＞ 静止気象衛星に関する調査結果

欧米における気象衛星整備計画

- 【欧州】
 - 現行衛星は欧州上空に2機、インド洋上空に1機という3機体制
 - 静止衛星に搭載した赤外サウンダの数値予報へのインパクト調査を実施し、予測精度向上を確認
 - 後継衛星は、イメージャ搭載衛星とサウンダ搭載衛星を別々に打上・運用する計画
- 【米国】
 - 現行衛星はGOES-West/Eastという2機体制
 - 次世代衛星の検討では、既存のイメージャ・雷センサに加えて、赤外サウンダをはじめとする様々なセンサを色々な組み合わせで搭載する複数からなる静止衛星群を視野
 - 赤外サウンダの搭載について数値予報モデルへのインパクト実験を実施しつつ検討中

実現可能なセンサや衛星本体の開発状況（後継衛星の調達時期を想定）

主要な項目	状況報告
設計寿命	<ul style="list-style-type: none"> ・長寿命化(センサ: 10年程度、衛星本体: 15年以上) ・技術の陳腐化のリスク
イメージャ性能向上	バンド追加、分解能及び観測頻度の向上（大幅な向上は見込めない）
赤外サウンダ及び雷センサ	複数の潜在的事業者
紫外・可視・近赤外サウンダ	<ul style="list-style-type: none"> ・大気汚染物質の監視に有効 ・現行のひまわりよりも大陸側の静止位置が望ましい
複数センサの1衛星への搭載	<ul style="list-style-type: none"> ・1衛星に、イメージャと赤外サウンダ等の複数センサを搭載可能 ・1衛星あたりの高額化、打上げ失敗時の損失増大

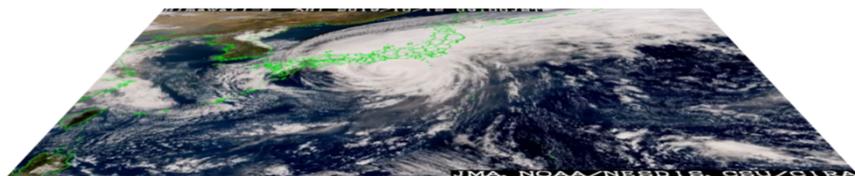
- **観測センサの長寿命化や、1衛星への複数センサ搭載が可能であることを確認**
- **後継衛星検討に必要な技術情報について引き続き情報収集**

＜最新技術＞ 赤外サウンダの概要

- 赤外サウンダは、気温や水蒸気などの大気の鉛直構造を観測可能。
- 数値予報の精度向上に寄与。特に台風・線状降水帯の予測精度向上のためには、水蒸気など大気の鉛直構造の観測データが重要
- 台風・線状降水帯の予測精度向上のためには赤外サウンダが有効

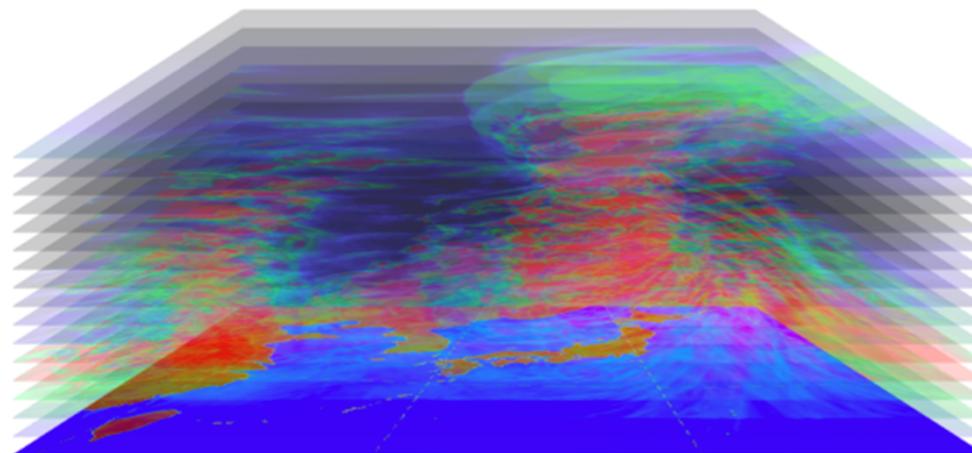
イメージャ [2次元]

地表・海表・雲の上端を観測



サウンダ [3次元]

大気の鉛直構造を観測

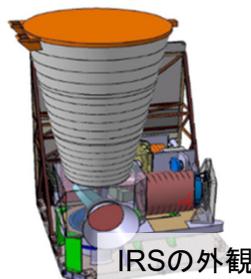


※ 赤外サウンダの場合は雲頂より下の観測はできない

赤外サウンダの例

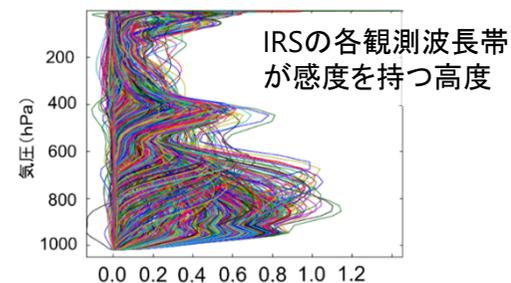
(欧州のInfraRed Sounder: IRS)

- 質量 400 kg, 電力 750W
- 約1700チャンネル, 水平解像度 **4km**



IRSの外観

出典: EUMETSATウェブサイト



EUMETSATウェブサイトのグラフを見やすく補強

<最新技術> 赤外サウンダを静止衛星に搭載した場合に期待される効果 ～数値予報に有効なデータ量の飛躍的な拡大～

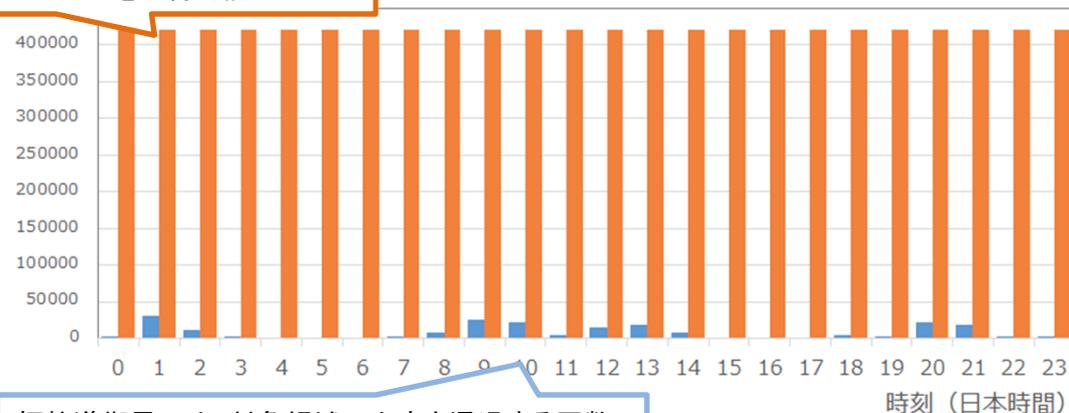
- 現在、極軌道衛星の赤外サウンダデータを数値予報に活用し、高い効果が得られている
- 静止衛星からもデータを取得できれば、**数値予報の飛躍的な精度向上**が期待できる

極軌道／静止衛星 赤外サウンダデータ数の比較

(1時間毎、2020年6月21日の例。気象庁数値予報における日本周辺の局地モデル領域(右図)について例示)

静止衛星では、常時、全領域のデータを取得可能

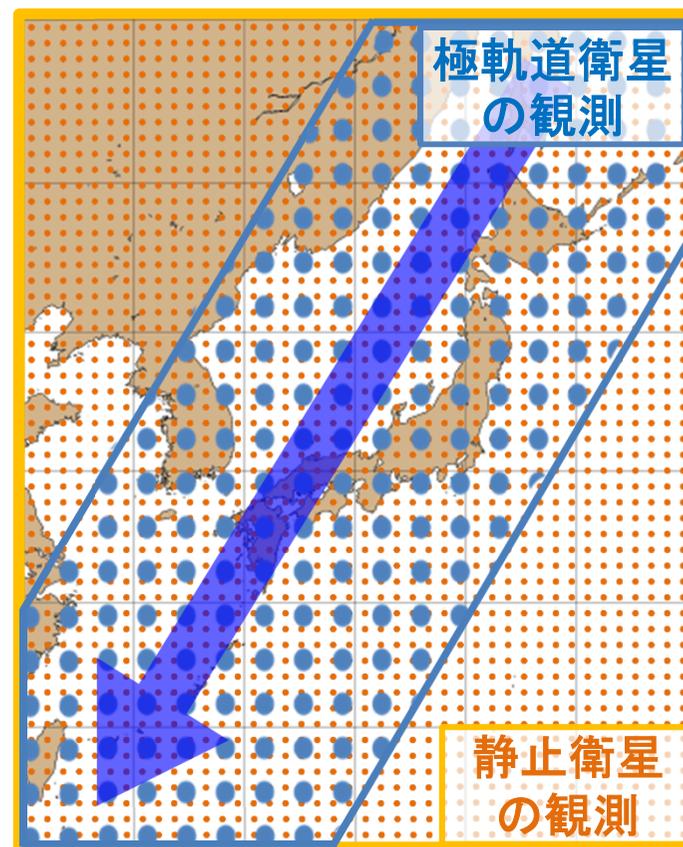
■ 極軌道衛星データ数 ■ 静止衛星データ数



極軌道衛星では、対象領域の上空を通過する回数が少なく、データを得られるタイミングが限定される

静止衛星の赤外サウンダで得られる1日あたりのデータ数は極軌道衛星に比べて**約50倍以上**。

比較項目	静止：極軌道の比
解像度	9:1
カバー率平均	5:2
機数	1:5
データ取得頻度	24:2
総合	54:1



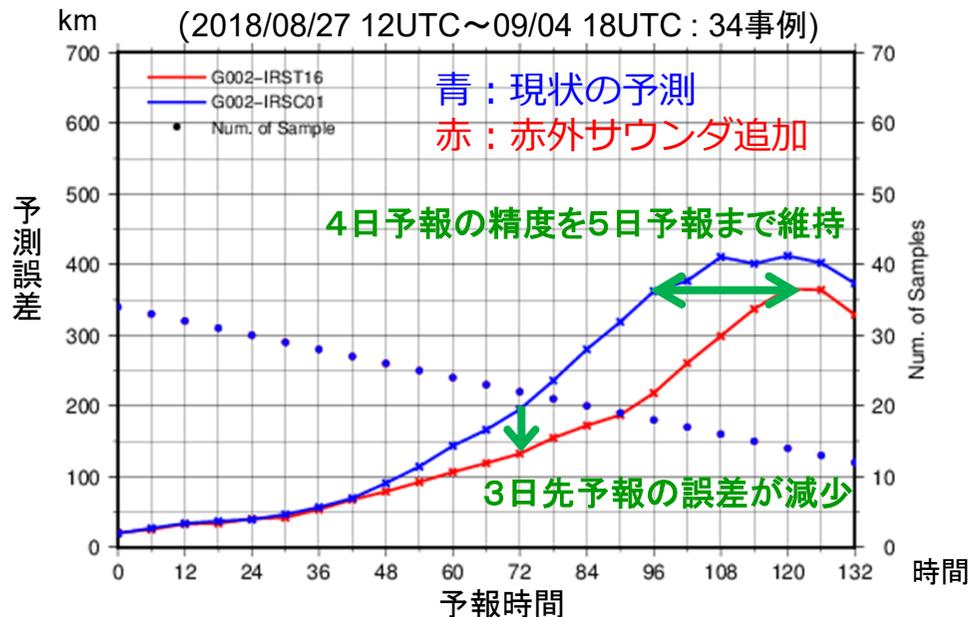
衛星の観測地点の粗さの比較(イメージ図)

- 極軌道衛星の水平分解能：約12km
- 静止衛星の水平分解能：約4km³

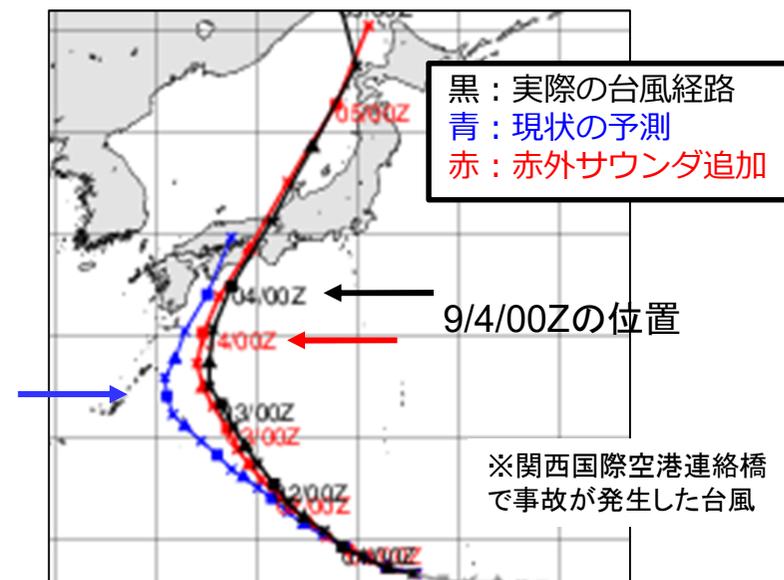
<最新技術> 赤外サウンダを搭載した場合に期待される効果 ～全球モデルによる台風の進路予測実験～

- 台風の進路予測が改善
- 「台風の3日先の進路予測誤差を100km程度」という目標に大きく貢献

台風第21号※の進路予測誤差



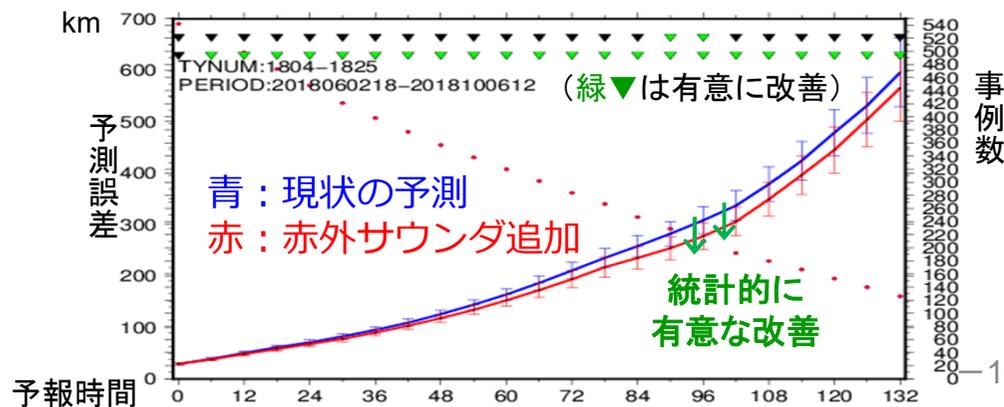
台風第21号※の進路予想 (2018/8/31 06UTC)



【統計検証】

2018年度の22個の台風を対象とした統計的な検証でも、台風進路予測が有意に改善(右図)

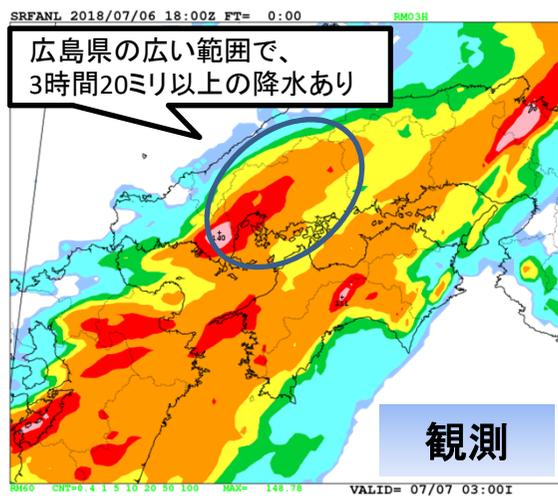
(2018/05/25~10/06まで, 22台風)



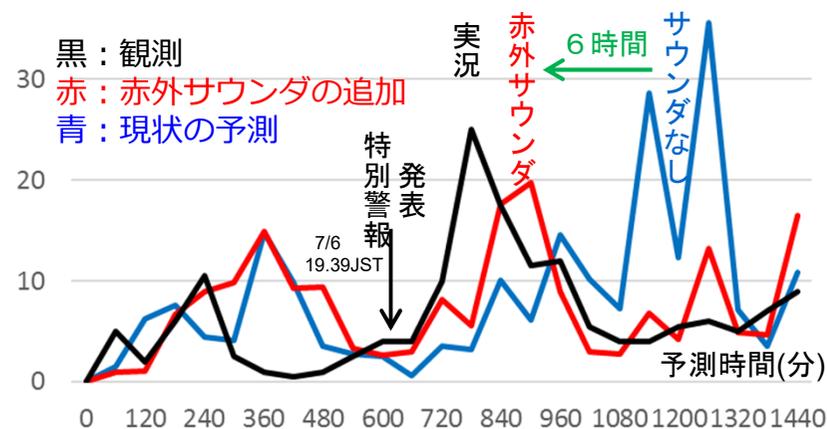
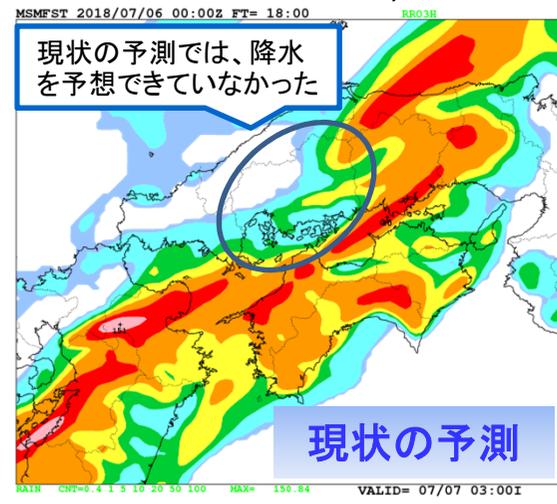
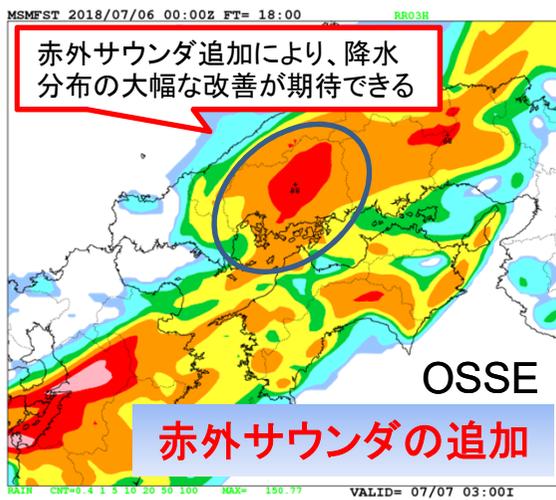
<最新技術> 赤外サウンダを静止衛星に搭載した場合に期待される効果 ～メソモデルによる豪雨の実験(平成30年7月豪雨)～

- 下層の風の方が改善したため、**線状降水帯の移動・発達、大雨のピークの予測が改善**
- 「**線状降水帯による夜間の大雨を、半日程度前から予測可能**」という目標に大きく貢献

3時間降水量 (解析雨量)



3時間降水量 (18時間予測) (2018/7/6 00UTC初期値)



岡山県倉敷の1時間降水量
(2018/7/6 00UTC初期値)

平成30年7月豪雨を対象とした事例検証において、赤外サウンダを追加することにより、以下の改善が確認できた。

- ・土砂災害が多発した広島県において、強雨域を再現した(上図)
- ・洪水が発生した岡山県倉敷市では、降水のピークのタイミングが現状の予測よりも観測に近くなる(左図)

<最新技術> 米国の次世代衛星への 赤外サウンダの導入計画

米国海洋大気庁（NOAA）は、次世代の静止気象衛星整備計画を策定中
観測機能向上の有効な手段として赤外サウンダの導入を視野に入れている

赤外サウンダをはじめとした観測機能向上の技術開発提案について深掘りさ
せるべく、潜在的事業者（衛星メーカー等）に対して企画公募を実施中

赤外サウンダについては米国メーカー 3社に対して検討資金を提供

- 赤外サウンダを搭載する場合の期待される効果について、数値予報モデル
へのインパクト調査(OSSE※)を3つのグループで実施中

※OSSE: 観測システムシミュレーション実験。実在しない観測データが存在したと仮定して、
それを用いた予測実験により、観測データの有用性を確かめるための実験。

- a. NOAA (現業数値予報モデルにおける利用を想定した実験)
- b. NASA (全球観測体制に関する実験)
- c. NOAA・ウィスコンシン大学 共同研究所(シビアストームに関する実験)

2020年秋頃までにOSSEの計算を終える予定。

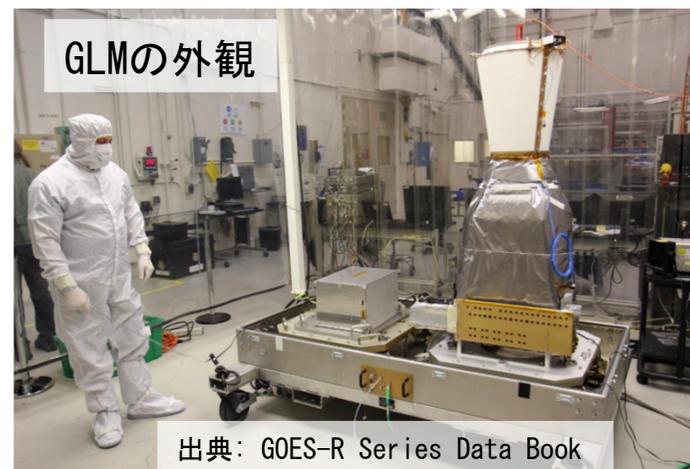
その後は社会経済的な便益分析を実施予定。

- これらの結果は米国の次世代静止気象衛星の計画策定に反映される予定

<最新技術> 雷センサの概要

• 米国の状況

- GOES-RシリーズでGLM※1を運用中
 - 2014年11月に16号打上げ
 - 2016年3月に17号打上げ
- 雷の光をCCD ※2カメラで検出
 - 毎秒500回撮像



• 欧州の計画

- MTGシリーズでLI※3を運用予定
 - 現在製造中の初号機に搭載。今後打上げ予定。
- GLMよりも進んだ技術を採用
 - カメラの数: 4個(GLMは1個)
 - センサのタイプ: CMOS ※4 (毎秒1000回撮像)



• 期待される効果

- ナウキャスト、航空気象及び台風監視

※1Geostationary Lightning Mapper

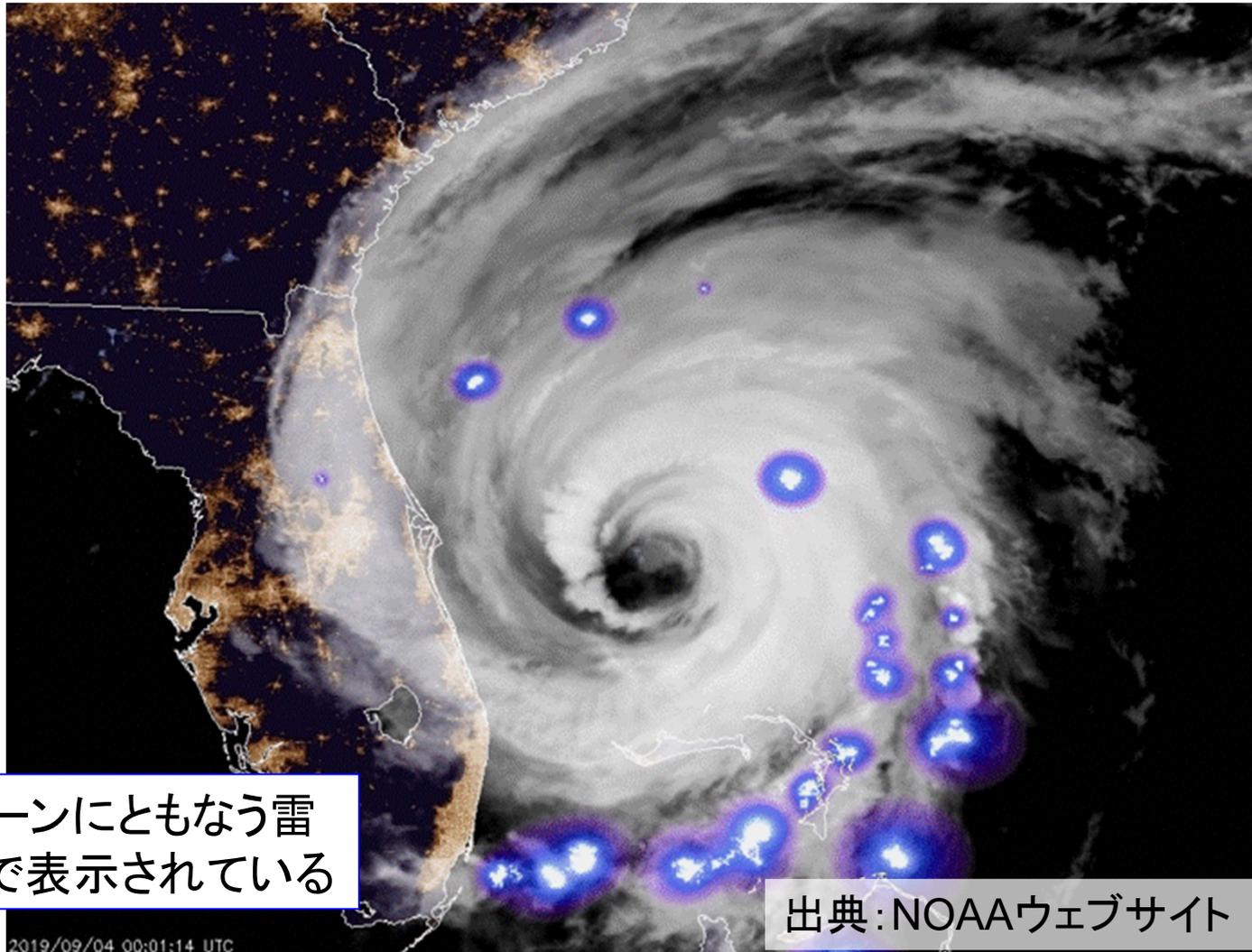
※2Charge-Coupled Device

※3Lightning Imager

※4Complementary Metal Oxide Semiconductor

<最新技術> GLMによる雷の観測例

ハリケーン Dorian(2019年)



ハリケーンにともなう雷
が青色で表示されている

<最新技術> 小型衛星について

- 明確な定義はないが、従来型の衛星よりも小さな(数百kg以下の)衛星
- ある程度のリスクを許容しながら低コスト・短期間で開発(量産化によるコンステレーションも志向)

	小型衛星	低軌道衛星
開発主体	主に民間や大学(ベンチャー企業含)	主に政府機関
コスト・開発期間	低コスト・短期間	高コスト・長期間
生産方式	民生品も利用、量産化も志向	主に専用の部品
寿命	短い(2~3年程度)	長い(10年程度)

世界の小型衛星(1-50 kg)の打上げ実績と予測



出典: Nano/Microsatellite Market Forecast, 9th Edition (2019)

小型衛星の例

GRUS-1 (100 kg級)



出典: アクセルスペースウェブサイト

<最新技術> 小型衛星によるマイクロ波観測

米国TROPICS計画の概要

マイクロ波サウンダによる全天候下の
気温・水蒸気分布の取得を目指す計画



出典: マサチューセッツ工科大学ウェブサイト

- 従来型マイクロ波サウンダ(極軌道衛星搭載)と同等の性能を持つセンサを多数(2021年以降に6機打上予定)の超小型衛星に搭載
- NASA(米国航空宇宙局)の予算により、MIT(マサチューセッツ工科大学)主導で実施
- 研究目的は、①レーダー空白域の降水監視、②熱帯低気圧の監視、③数値予報の改善、④熱帯気象学への貢献
- 研究ミッションではあるが、データ評価には米国現業機関も参加予定

衛星の仕様等

【観測域・観測頻度】

熱帯域を45分に1回の観測 (観測幅2000km)

【水平分解能】

気温: 27km、水蒸気: 17km

【データ伝送時間(レイテンシ)】

観測実施時間から6時間後にデータを伝送

【サイズ・重量】

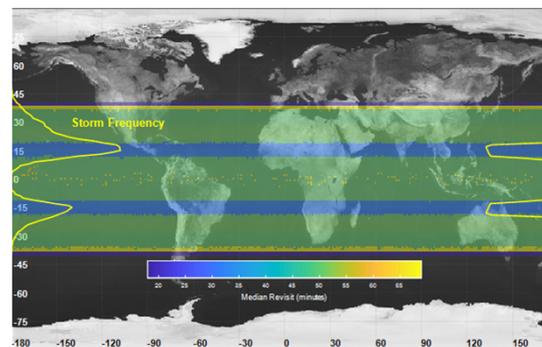
10cm × 10cm × 36cm、~6kg

【設計寿命】

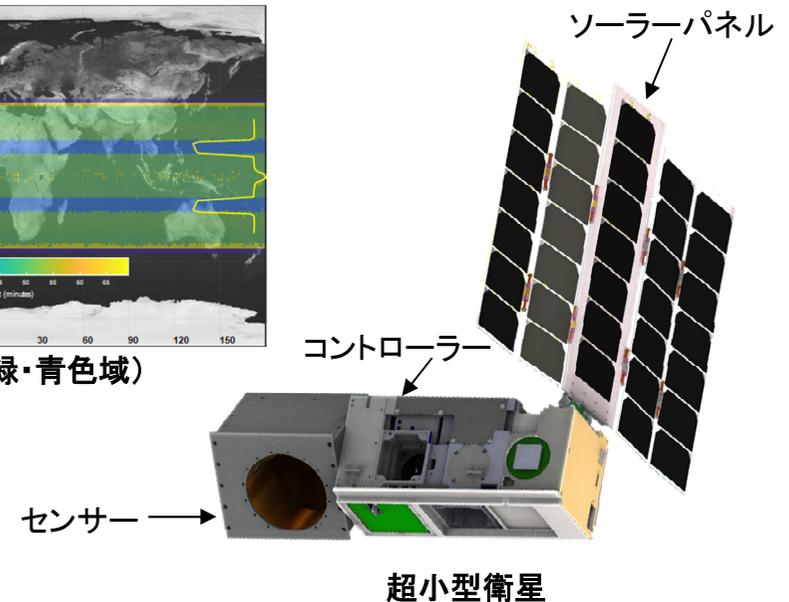
15カ月

【経費(6機分)】

開発・製造: 2000万ドル、運用: 400万ドル、検証: 700万ドル、打上: 3000万ドル → 合計6100万ドル(66億円)



観測範囲(緑・青色域)



<最新技術> GNSS掩蔽*観測

測位衛星(GNSS)からの電波を低軌道衛星で受信することで
大気の鉛直構造を観測する技術

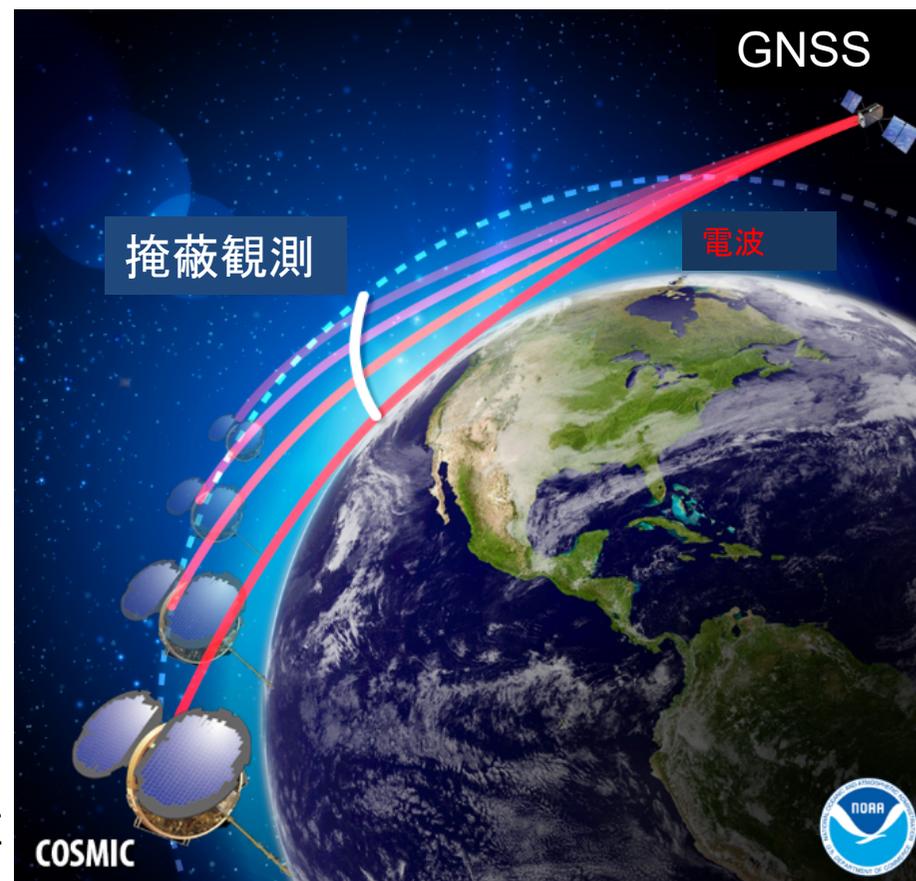
※掩蔽(えんぺい): 任意の点から見たとき、ある物体が天体の影に隠されること

【観測の特徴】

- 雲があっても観測可能
- 水平分解能は数100kmと粗い

【動向】

- 既存の国家ミッション(COSMIC等)のデータを数値予報モデルの運用機関が利用
- 民間企業による小型衛星を用いた事業化の動き
- 米国(NOAA)が民間データの利用に向けた実証実験を実施
 - 第1期(2017-2018)はデータの質・量に課題あり
 - 第2期(2018-2019)が終了



出典: NOAA/NESDISウェブサイト

＜技術動向調査＞ 欧州と米国の将来計画

2020年6月時点

	欧州 (EUMETSAT)	米国 (NOAA/NESDIS)
赤外 サウンダ	<p>数値予報やナウキャストへの効果が大きいため、<u>次期静止気象衛星「MTG」に搭載を決定</u>(2023年打上げ予定)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 極軌道気象衛星での長期間の搭載実績も判断の一助 ✓ 下層の水蒸気観測だけでなく、風観測の精度向上も期待 	<p>次世代気象衛星として赤外サウンダを検討中</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 数値予報へのインパクト実験を実施しており、予測精度向上が期待 ✓ イメージャ、マイクロ波放射計とともに、次世代観測手法について企画公募を実施(36提案) ✓ <u>2031年に打上げ予定の衛星に搭載を検討中</u>
雷センサ	<p>地上雷観測網がカバーしていない領域での顕著現象の監視・航空安全を目的としてMTGに搭載予定(2021年打上げ予定)</p>	<p>現在運用中の静止気象衛星(GOES-R)に搭載しており、利用方法について研究中</p> <p>地上からの雷観測と組み合わせれば、航空利用に有効と思われる</p> <p>熱帯低気圧や台風の強度監視への活用も期待</p>
小型衛星	<p>遠い将来における小型衛星群による観測の実現を期待して、実験計画を検討中。</p> <p>静止、極軌道、小型衛星のトータルでの観測網に。</p>	<p>マイクロ波観測は、小型衛星群によって極軌道衛星観測を補完していくことが、トータルとして安価になることが期待</p> <p>NOAAが民間からのデータ調達の実証実験を実施中</p>

<技術動向調査> 各種衛星による気象観測の特徴

	静止衛星	低軌道衛星(大型)	小型衛星(低軌道)
参考衛星	ひまわり	JPSS, MetOp GCOM-C	TROPICS GNSS掩蔽観測衛星
観測範囲	広域観測:地球全面 (1衛星で地球の1/3カバー)	領域は限定的 (イメージャなら3,000km)	領域は限定的 (TROPICSなら約2,000km)
観測頻度	常時観測可能	頻度は限定的 (例:1日2回等)	頻度は限定的 (コンステレーションにより頻度 向上可能)
イメージャ・雷観測	可能	可能	可能
赤外サウンダ観測	可能	可能	可能(開発段階)
マイクロ波観測	現時点では技術的に困難	可能	可能(開発段階)
GNSS掩蔽観測	原理的に不可	可能	可能(実証実験中)
データの品質管理	可能	可能	工夫が必要
受信局の数	少ない	少ない	多数
即応的な衛星配備	困難	困難	比較的容易
衛星本体の 設計寿命	15年程度 (センサ寿命は10年程度) (残燃料があれば延長可能)	7年程度 (残燃料があれば延長可能)	2年程度 (燃料搭載量の制限が厳しく、 延長は難しい)
役割分担・強み	・基盤となる全球・常時観測	・多様な観測が可能 ・静止衛星同士の相互校正・ 比較の基準センサ	・コンステレーションによる 多様な観測・頻度向上 ・必要に応じた追加的な打上 げ・データ生成

まとめ

- 最近の気象防災の課題
 - 台風・線状降水帯等の予測精度向上が重要
 - H30.8 気象分科会提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」
- 気象防災の課題解決に必要な数値予報の精度向上等には、赤外サウンダ等の静止衛星搭載の新型センサが有効となる可能性
- 新型センサの搭載に当たっての課題
 - 効果の見極め(業務改善への寄与率、費用対効果)
 - 国際的な動向との兼ね合い
- 小型衛星による気象観測については、一部ミッションで実用化されつつあり、従来型の衛星観測と組み合わせた利用の検討が必要

これらの現状・課題を踏まえつつ、後継衛星の方向性について
ご議論をお願いしたい