

AT A TCTATAAGA CTCTAACT

GA CCC

ショートレポート

新型コロナウイルス感染症に関する環境・エネルギー分野における世界の研究開発動向： 「地球観測と感染症」編

2020年9月11日版（第一版）

\ TCTATA
 GCC AATTAATA
 ATC A AAGA C C
 A TCTATAAGA
 AATC A AAG
 C CTA ACT C
 1 1110 00
 11 001

ATAAGA CTCTAACT CI
 AA TAACT
 AAT A TCTATAAGA CTCT/
 CTC GCC AATTAATA
 ATTAATC A AAGA C CTA ACT
 A T A TCTATAAGA CTCTAACT
 CTC GCC AATTAATA
 TTAATC A AAGA C CTA ACT CTC A
 A T A TCTATAAGA CTCTAACT
 ATTAATC A AAGA C C T
 GA C CTA ACT CTCAGACC
 00 1 1110 000
 11 001010 1
 1110 000
 0011 1110 000
 00 11 001010 1
 11 1110 000

国立研究開発法人科学技術振興機構
 研究開発戦略センター

はじめに

- 本資料は国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター（以下、「JST-CRDS」と呼ぶ。）内にて実施したセミナーシリーズを基にとりまとめたものです。様々な分野の有識者から、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）と関わりの深い研究開発動向や、今後のウィズコロナ/ポストコロナの時代における社会や科学技術の在り方について講演いただき、議論しました。その中から、早期発信が有益な研究開発動向や科学的知見等をJST-CRDSの観点から抽出し、とりまとめています。
- 一連のセミナーシリーズの詳細は近日中に報告書としてとりまとめる予定です。現在進行形の事態であることに鑑み、得られた情報を迅速に公表することにより、関係各所におけるCOVID-19への対応の一助となれば幸いです。
- 本資料はセミナーに参加いただいた有識者からの同意を得て公開するものですが、本資料の著作権はJSTに帰属します。教育、報道、研究など著作権法で認められる範囲においては利用許諾を得ずに利用できますが、本資料を引用・抜粋することによって生じるいかなる事態に対してもJST-CRDSは一切の責任を負いません。また、新たに判明する科学的事実等に応じて、本資料の内容を更新、修正する場合があります。引用・抜粋した資料がいつ時点のものであるかの確認もお願いいたします。ご不明点等についてのお問合せは以下へお願いいたします。

【本資料に関する問い合わせ先】

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター

メール：crds@jst.go.jp

電話：03-5214-7481

- 本資料を引用・抜粋する際の出典記載例は以下のとおりです：
国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター「ショートレポート 新型コロナウイルス感染症に関する環境・エネルギー分野における世界の研究開発動向：「地球観測と感染症」編 2020年9月11日版（第一版）」

「感染症問題と環境・エネルギー分野に関するエキスパートセミナー」

＜開催実績＞

開催日	区分	演題、講師（敬称略）
2020年7月22日	地球観測と感染症	「SpaceApps COVID-19 Challengeについて」 湯村 翼（情報通信研究機構 総合テストベッド研究開発推進センター 研究員） 「COVID-19感染予測数理モデルのアンサンブルデータ同化：感染力と地球環境の関連分析」 小槻 峻司（千葉大学 環境リモートセンシング研究センター 准教授） 樺山 修（千葉大学 環境リモートセンシング研究センター 技術補佐員）
2020年8月6日	地球観測と感染症	「宇宙からみた人間活動からの温室効果ガス -COVID-19の影響はとらえられたか-」 久世暁彦 （宇宙航空研究開発機構 GOSAT-2プロジェクト プロジェクトマネージャー）

※随時更新予定

※各講演の概要については本資料末尾参照

1-1. SpaceApps COVID-19 Challengeについて

- **NASA SpaceApps :**

米国航空宇宙局（NASA）などの人工衛星データなどを使って二日間でアプリをつくるハッカソン。すべての機能が完璧に動作しなくてもよいがアイデアが有効であること（Proof of Concept）を示すのが目標。NASAの公式プログラム「Incubator Innovation Program」として2012年に始まり毎年開催。世界同時開催され、2019年は71か国から29,253人が参加。日本からも毎年参加者がいる。



- **SpaceApps COVID-19 Challenge :**

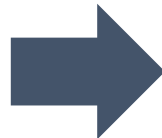
[開催日] 2020年5月30日（土）～31日（日） ※約1か月前に急遽開催決定

[共 催] NASA、欧州宇宙機関（ESA）、宇宙航空研究開発機構（JAXA）、
カナダ宇宙庁（CSA）、フランス国立宇宙研究センター（CNES）

[形 式] オンライン開催

チームごとに
プロジェクトページ作成

動画、画像、詳細、私用データ、
デモサイトやソースコードへのリンク等



オンライン審査



Global Award

6チームを選出
(8月予定)

1-2. 設定テーマ (チャレンジ)

1) Quiet Planet クワイエット・プラネット	衛星データを基に、COVID-19とそれに伴う社会的応答によって地元から全世界規模の環境がどう変わったのか、その変化をレポート
2) Light the Path 道を照らせ	地球観測を用いて、COVID-19への対応として人々の活動や地域での動きのパターンがどう変化したのか探索
3) Where There's a Link, There's a Way 繋がりのある所に道はあり	COVID-19の拡散に影響を与える環境的ファクターについてのリアルタイム情報を統合的に分析し表現する革新的な方法を見つける
4) A New Perspective 希望的観測	保護されている自然環境において、観光客や経済活動に伴う人々の往来の減少がどのような影響を与えるか検証
5) The Art of It All 全てを芸術に	この歴史的な状況を生き抜いていくあなたの経験をアートで表現
6) SDGs and COVID-19 SDGsとCOVID-19	国連の持続可能な開発目標(SDGs)におけるCOVID-19の影響を分析
7) Food for Thought 思考の食	COVID-19のパンデミックによる混乱が地域のそして世界規模の食糧供給にどう影響したか評価
8) Purify the Air Supply 清浄な空気供給を	屋内の空気をモニタし浄化するシステムを構築。家やオフィス、交通機関などの地球上で使うものか、宇宙(ISS)で使うものか、どちらでも使えるものか、どのようにデザインしても良い
9) Human Factors 人為的要因	人口密度とCOVID-19の件数の関係性や感染拡大のホットスポットを予想するためのファクターを見つける
10) The Isolation Solution 隔離解法	社会的孤立の解消のためのイノベーティブな解決方法を構築
11) A World Away 遠のく世界	心理学的・技術的リスクを含めた、パンデミックにおける宇宙活動への副作用を起こしうる社会的問題 を特定し、その宇宙活動への副作用に備え、地上でのサポートと宇宙空間でのリスクを評価
12) An Integrated Assessment 総合評価	COVID-19の影響の理解を促進するために、様々な地球観測によるデータや特徴量を社会経済学的なデータと組合せて評価

1-3. 日本の22チームの作品例抜粋

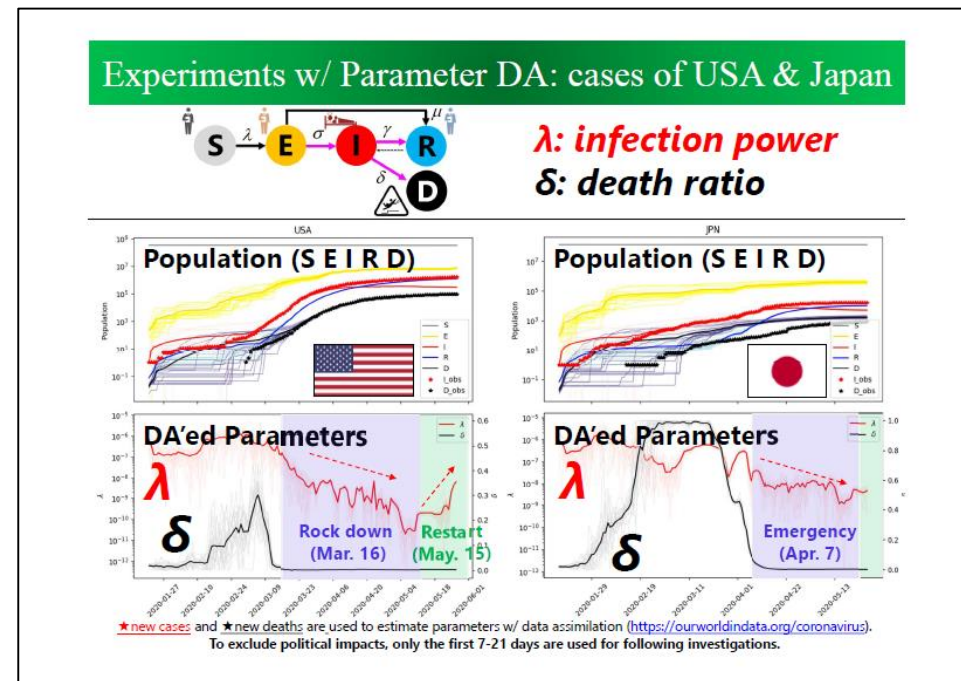
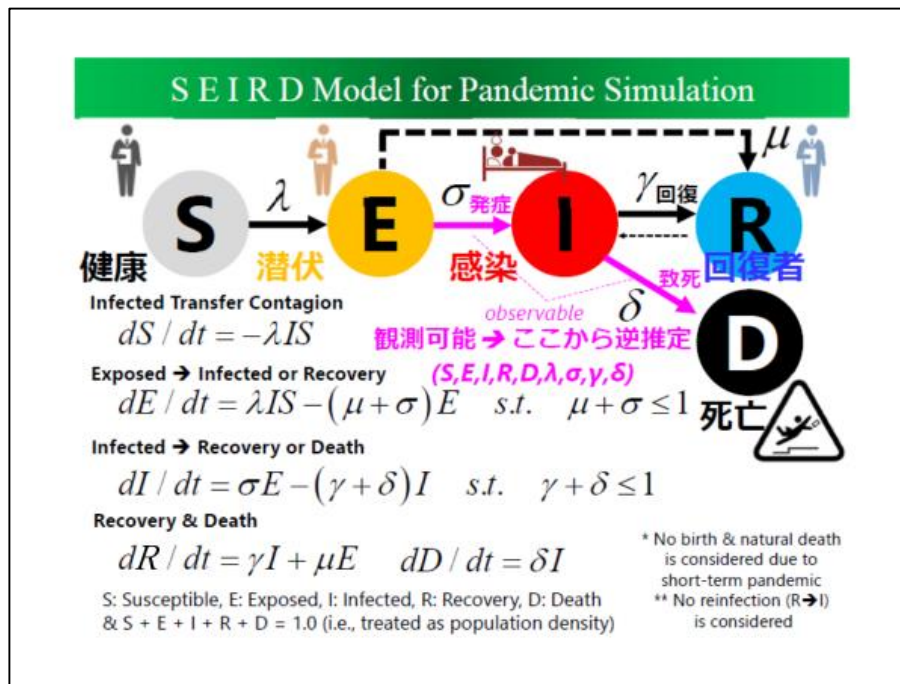
チャレンジ	作品例 *
1) Quiet Planet	<u>Grass Grows</u> • 長期のステイホームの影響により道路の草が伸びている様子を分析 • 気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C) の植生データを使用 <u>kNOx Down COVID-19</u> • 人々の活動変化を調べるため、京阪神エリアの二酸化窒素量を分析 • NASAのデータ分析可視化プラットフォームGiovanniを使用
6) SDGs and COVID-19	<u>Emergency Evacuation during Pandemic</u> • 健康状態を考慮した新しい災害避難の形を提案するスマートフォンアプリを開発 • SpaceNetプロジェクトで使われている建物検出データセットを自習したモデルを使い、避難所候補となる建物を検出する <u>The Day After Tomorrow</u> • 環境への影響を調べるため、温室効果ガスと電力使用量を例年と比較し分析 • JAXAのGOSAT衛星やESAのSentinel衛星のデータを使用
12) An Integrated Assessment	<u>Satellite Data Assimilation for COVID-19 Prediction</u> • 感染数理モデルとデータ同化技術を組み合わせた要因分析を実施 • JRA-55 (気象庁55年長期再解析データ) の風、温度、湿度などのデータを使用し環境要因との関連性を分析

* 作品概要と当日の発表会の動画アーカイブは以下URLから閲覧可能：
<https://sorabatake.jp/12876/> (2020年7月アクセス)

1-4. 「Satellite Data Assimilation for COVID-19 Prediction」

＜感染数理モデル（SEIRDモデル）の構築＞

- 感染予測で多用される感染数理モデル（SEIRモデル）に、COVID-19の特性を踏まえて「死亡（D）」を加えたSEIRDモデルを新たに構築。
- SEIRDモデルを基に、日本および米国の新規発症者数および死亡者数の公表値を使ってデータ同化を行い、各国における「感染力（ λ ）」と「死亡率（ δ ）」を推定。

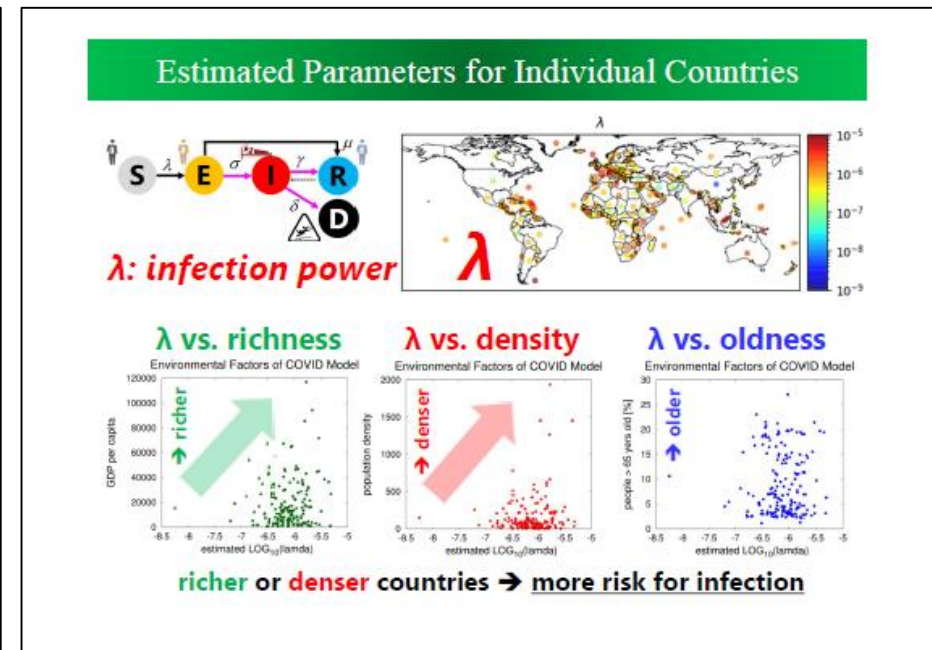
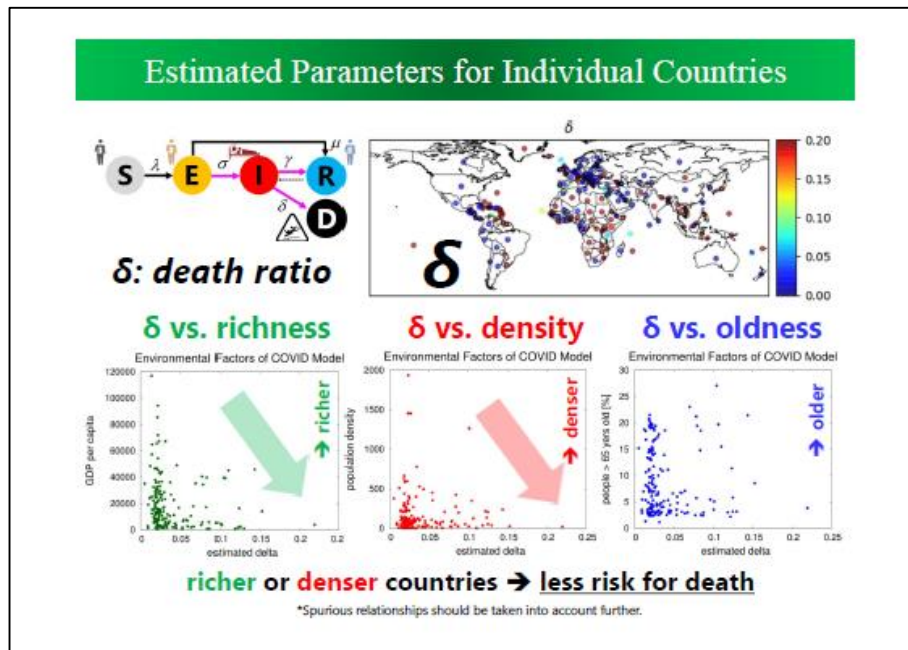


図：千葉大学・小槻准教授「感染症問題と環境・エネルギー分野に関するエキスパートセミナー」（7月22日）講演資料から許可を得て抜粋

1-4. 「Satellite Data Assimilation for COVID-19 Prediction」

＜感染力・死亡率と環境要因との関係性の分析＞

- 推定された感染力 (λ) ・死亡率 (δ) と、JRA-55（気象庁55年長期再解析データ）に含まれる風、温度、湿度などの環境要因との関係性を分析。
- ハッカソンの期間内でいくつかの相関関係が観察されたが、今後、更なる詳細な解析が必要。



図：千葉大学・小槻准教授「感染症問題と環境・エネルギー分野に関するエキスパートセミナー」（7月22日）講演資料から許可を得て抜粋

2-1. COVID-19に伴う社会変化や環境変化を捉える研究の動向

＜各地の感染状況と環境要因との相関関係の調査研究＞

- 世界各地の日々のCOVID-19新規症例数および新規死亡数に対する気温および相対湿度の影響を調べる研究が行われている。気温、相対湿度ともに、日々の新規症例数、新規死亡数と負の相関が見られた。例えば気温が1℃上昇すると、一日の新規症例数は95%の確率で1.53～4.63%程度の減少が見られた。相対湿度が1%上昇すると、一日の新規症例数は95%の確率で0.51～1.19%程度の上昇が見られた。(Wu Yu et al. Effects of temperature and humidity on the daily new cases and new deaths of COVID-19 in 166 countries, Science of the Total Environment 729 (2020) 139051)
- イタリア・ミラノなどを対象にCOVID-19症例数と屋外における粒子状物質濃度や、NO₂、PM2.5、オゾン濃度などとの関連性を調べる研究が行われているが、詳細はまだ明らかになっていない。(Maria A Zoran et al. Science of the Total Environment 738 (2020) 139825) , (Maosheng Yao et al. On airborne transmission and control of SARS-Cov-2, Science of the Total Environment 731 (2020) 139178)

2-1. COVID-19に伴う社会変化や環境変化を捉える研究の動向

＜感染状況を予測・推定する研究＞

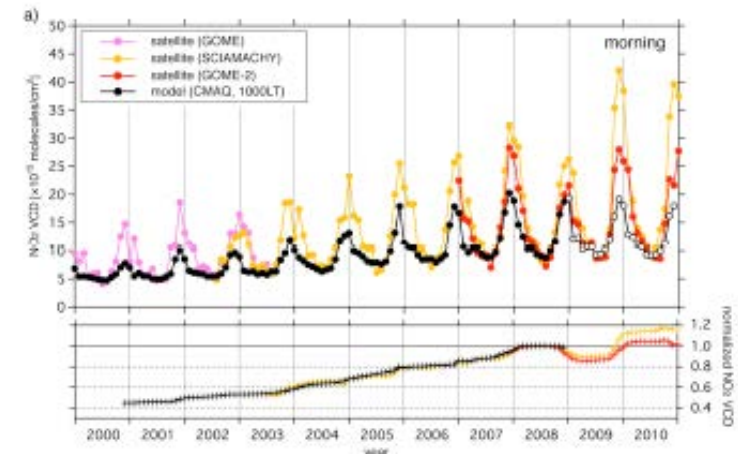
- 感染数理モデル（例：SEIRモデル）を用いた研究が主流
 - 最終感染者数を推定できることが長所
 - 世代人口分布や感染力の変化を考慮するなど亜種モデルも多数存在
 - 全ての人が全ての人と接触すること（all to all）を前提としている点は現実的ではないとの指摘がある
- 主流ではないが感染数理モデルとネットワーク構造を組み合わせた研究
 - 人と人との接触ネットワークを考慮
 - 社会構造・ブロック構造を考慮
 - 究極的には人から人への感染を考慮
- パーソントリップデータやGPSのデータを用いた人の移動を解析する研究
 - 人の接触効率（contact index）の推定が可能
 - 民間企業が保有しているデータであるなど、必ずしも自由にデータが使えない

2-1. COVID-19に伴う社会変化や環境変化を捉える研究の動向

＜地球観測データを活用した研究＞

- 新たな発見・知見を狙って競争が活発化。
- 夜間光の明るさには違いが見出されなかった。
- 大気中の二酸化炭素濃度 (CO_2) の変化を捉えようとする研究は比較的盛ん（例：Le Quere *et al.*, *Nature Climate Change* 10, pp.647-653, 2020）。しかし経済活動の停滞に伴う有意な変化が検出できていないのが現状。
- 大気中の二酸化窒素濃度 (NO_2) では経済活動の停滞に伴う変化が検出できている（例：Itahashi *et al.*, *Atmospheric Chemistry and Physics* 14, pp.3623-3635, 2014）。
- 民間航空機からの大気情報入手が減少しており気象データが従来と比べて不足している。

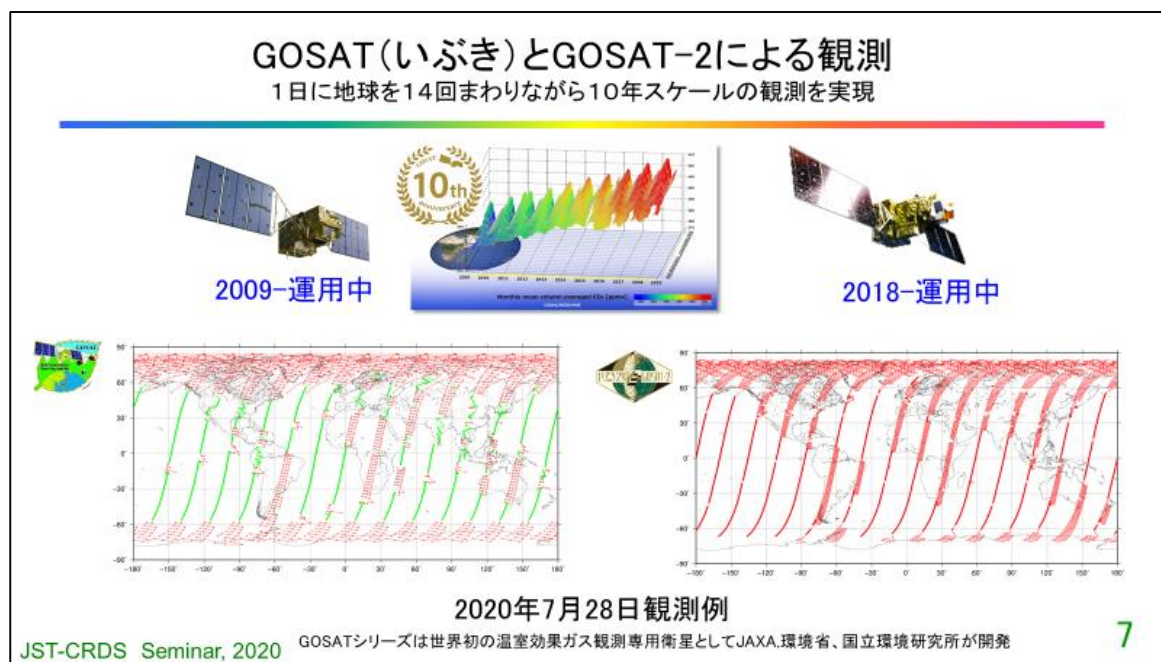
図：人工衛星が捉えた大気中 NO_2 濃度の変化。リーマンショックが起きた2008年後半に例年と比べて濃度の減少がみられる。
(Itahashi *et al.*, *Atmospheric Chemistry and Physics* 14, pp.3623-3635, 2014)



3-1. 宇宙からの温室効果ガス観測について

<JAXA温室効果ガス観測衛星いぶき（GOSAT）、いぶき2号（GOSAT-2）>

- 世界初の温室効果ガス（GHG）観測衛星いぶき（GOSAT）は二酸化炭素（ CO_2 ）、メタン（ CH_4 ）濃度データを2009年から継続的に取得している。
- 2018年からは、より高精度にGHGデータが取得可能な高性能センサを搭載したいぶき2号（GOSAT-2）の運用も開始。一酸化炭素（CO）濃度情報も追加取得している。さらに、独自のポインティング技術により、大都市部の対流圏下層と上層を狙う特定点観測が可能。
- CO_2 などのGHGは赤外線を吸収する性質がある。この原理を応用したGHG観測可能なフーリエ干渉計センサを搭載。
- アメリカ航空宇宙局（NASA）と協働で観測精度の校正・検証。国際協力により宇宙からGHG観測できることを実証。
- 対流圏下層 CO_2 濃度の観測により、GHGと他の大気成分がよく混合してしまう前の実観測値を取得できる。

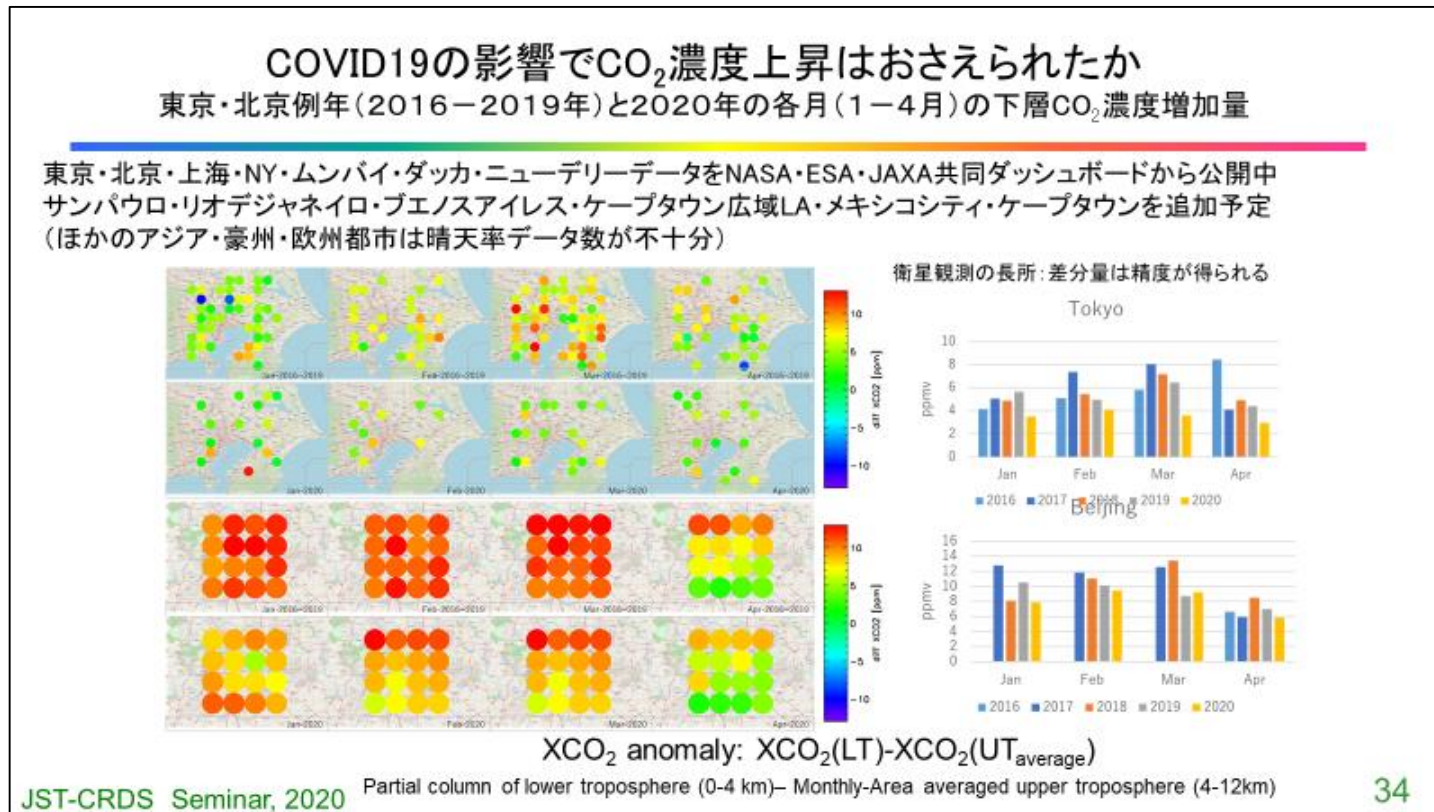


図：JAXA・久世プロジェクトマネージャー「感染症問題と環境・エネルギー分野に関するエキスパートセミナー」（8月6日）講演資料から許可を得て抜粋

3-2. CO₂濃度へのCOVID19の影響

＜大都市上空のCO₂濃度の変化の観測＞

- 大気対流圏の下層（地表面から上空4kmまで）と上層（上空4kmまで上空12kmまで）のCO₂濃度の差分値（一般的に下層の方が濃度が高い）で、東京と北京における、例年（2016～2019年）と2020年の1～4月を比較。風の流の影響などから精緻な値は現時点で不明だが、CO₂濃度の差分値の低下が観察された（下層CO₂濃度の上昇が例年より低い）。

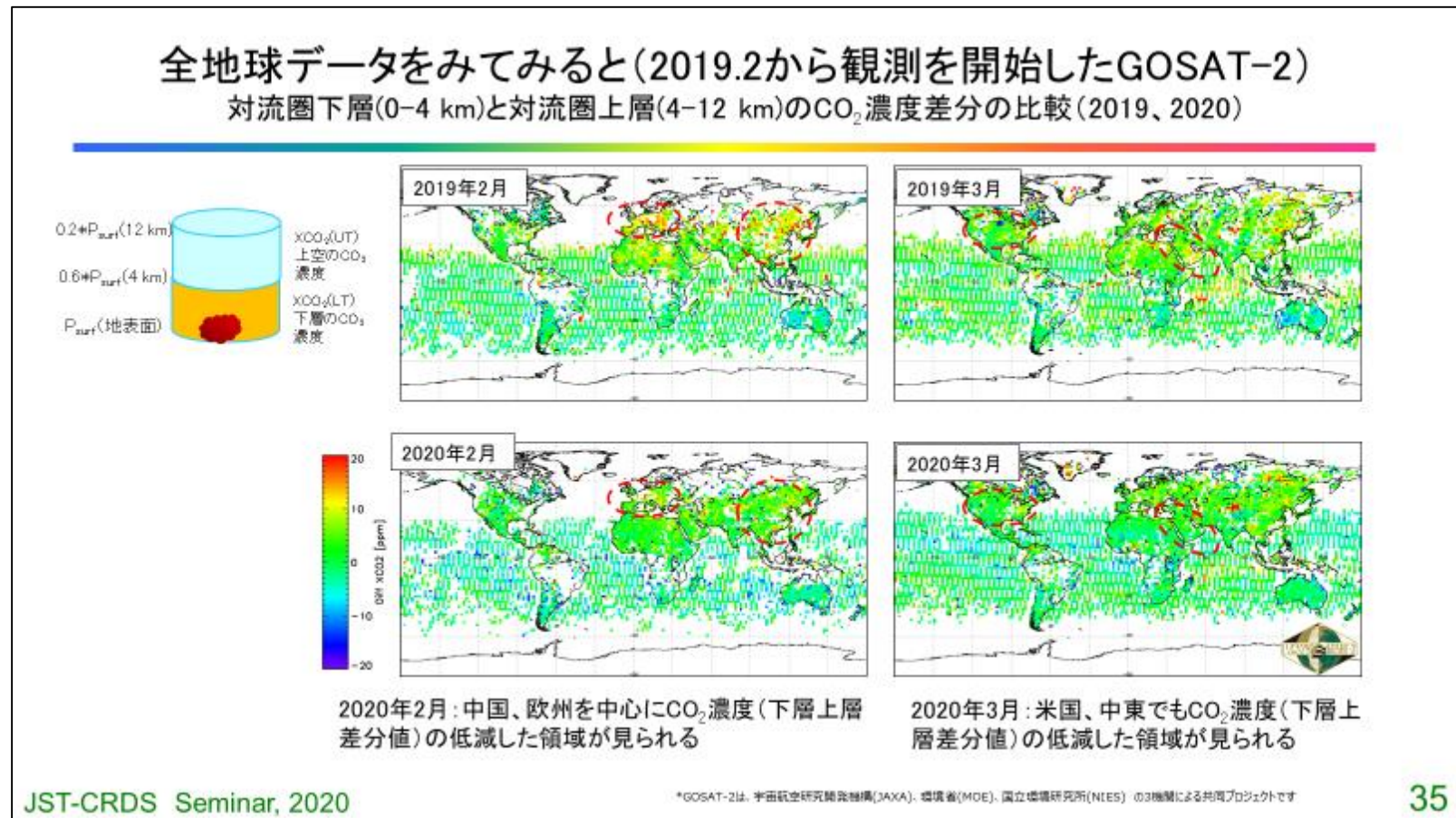


図：JAXA・久世プロジェクトマネージャー「感染症問題と環境・エネルギー分野に関するエキスパートセミナー」（8月6日）講演資料から許可を得て抜粋

3-2. CO₂濃度へのCOVID19の影響

＜地球全体のCO₂濃度の2019年と2020年の比較＞

- ・大気対流圏の下層と上層の差分値を、2019年および2020年の2月、3月で比較すると、ここでも、いくつかの地域で差分値の低下が観察された。



図：JAXA・久世プロジェクトマネージャー「感染症問題と環境・エネルギー分野に関するエキスパートセミナー」（8月6日）講演資料から許可を得て抜粋

[参考] 講演概要

- 開催日：2020年7月22日実施
- 演題：「SpaceApps COVID-19 Challengeについて」
- 講師：湯村 翼（情報通信研究機構 総合テストベッド研究開発推進センター 研究員）
- 概要：
 - NASAが中心となって毎年開催し、世界中から多くの人々が参加するNASA SpaceApps Challengeについて、ならびに2020年5月末に開催された「SpaceApps COVID-19 Challenge」の様子について紹介。湯村氏は今回の「SpaceApps COVID-19 Challenge」の日本におけるローカル・リードを務めた。
 - 講演では日本からの参加者による作品概要も紹介。

SpaceApps COVID-19 Challenge

- 05/30(土)～31(日) オンライン開催
- 4月末に急遽開催決定
- NASAに加え欧州宇宙機関（ESA）、宇宙航空研究開発機構（JAXA）、カナダ宇宙庁（CSA）、フランス国立宇宙研究センター（CNES）が共催
- 5/27(水)にJAXA主催でのWebセミナーを開催
- 人工衛星データに関するレクチャー

#SpaceAppsJapan 8

雑感

- いつもと違って「医療関係者」が目についた
- COVID-19対策を目的とした参加者もいた
- オンライン開催の運営はうまくいったように思う

目的	人数	割合
COVID-19への対策に関与したい	11	36.7%
11セッションに参加したかった	21	70%
NASA、JAXAの公式イベントだったから	9	30%
特別を覚悟したから	3	10%
面白そうだったから	1	3.3%
オンラインイベントに興味があった	1	3.3%

目的	人数	割合
COVID-19対策に関与したい	11	36.7%
11セッションに参加したかった	21	70%
NASA、JAXAの公式イベントだったから	9	30%
特別を覚悟したから	3	10%
面白そうだったから	1	3.3%
オンラインイベントに興味があった	1	3.3%

#SpaceAppsJapan 28

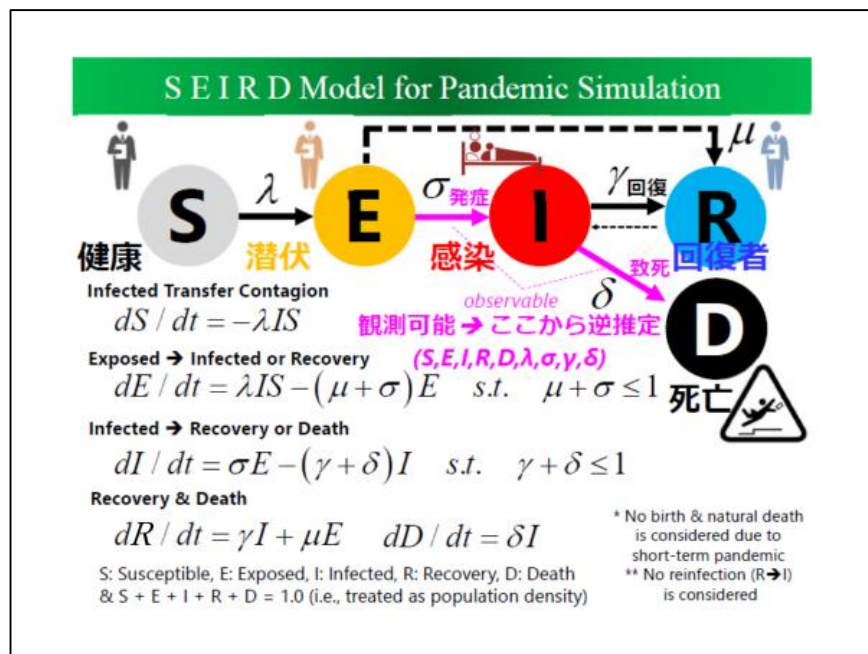
図：情報通信研究機構・湯村研究員「感染症問題と環境・エネルギー分野に関するエキスパートセミナー」（7月22日）講演資料から許可を得て抜粋

[参考] 講演概要

- 開催日：2020年7月22日実施
- 演題：「COVID-19感染予測数理モデルのアンサンブルデータ同化：感染力と地球環境の関連分析」
- 講師：小槻 峻司（千葉大学環境リモートセンシング研究センター 准教授）
樺山 修（千葉大学環境リモートセンシング研究センター 技術補佐員）

■ 概要：

- 天気予報の技術としてのデータ同化について、またデータ同化とAIの融合を目指した最近の研究について紹介。
- 感染予測モデルとして有名なSEIRモデルを応用し、環境要因との関係性を分析した研究例について紹介（SpaceApps COVID-19 Challengeにも参加）。その他、感染モデルに関する最近の研究動向についても紹介。



数学者・感染学者とのコミュニケーションより

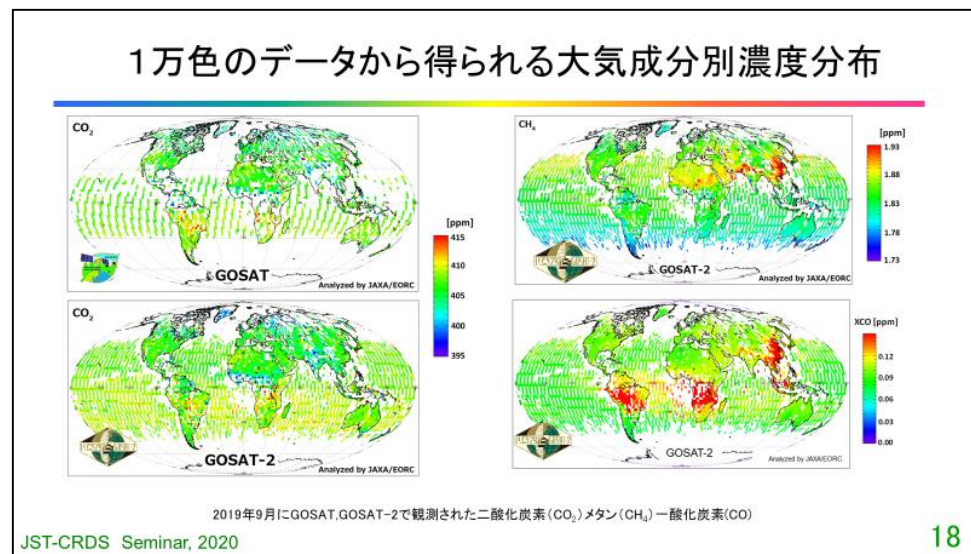
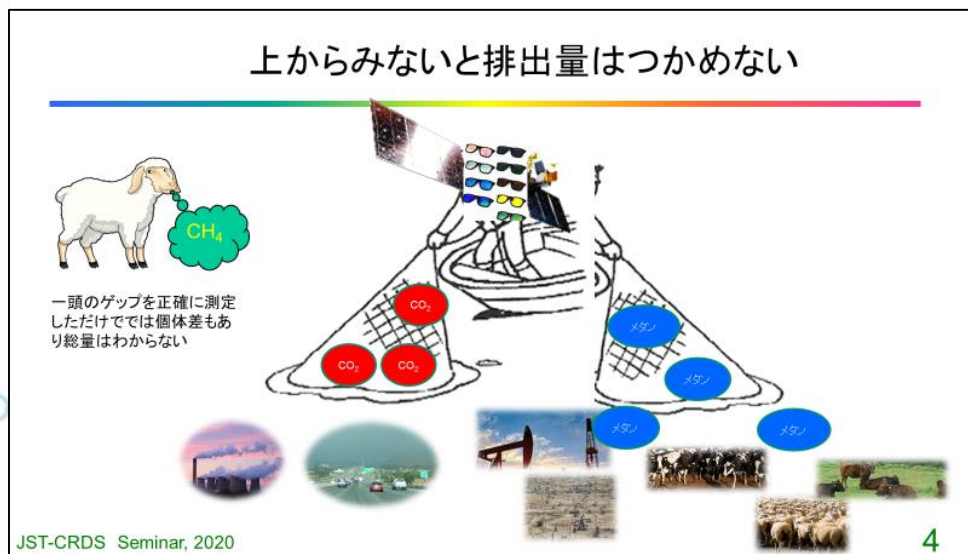
・ 感染モデルコミュニティの動向

- 感染数理モデル (e.g. SEIR) がメインストリーム
 - 西浦先生（北大）など
 - 最終規模方程式 (基本再生産数) → 最終感染者数を推定
 - 亜種多数: 世代人口分布、感染力の変化 (3日後が最大)
 - All to All の接触モデル (現実的ではない)
- 感染数理モデル x ネットワーク構造 (非メイン)
 - 人と人との接触ネットワーク (HIV)
 - 社会構造・ブロック構造 (インフルエンザは学校で感染など)
 - 究極的には、Person to Person
- パーソントリップデータ・GPS (人移動)
 - ある場所で増えた・減った程度
 - GPSの有効半径から、人の接触効率(contact index)を推定
 - 非常に高価。民間会社が出してくれない (> 1000万 for 2%人口)

図：千葉大学・小槻准教授「感染症問題と環境・エネルギー分野に関するエキスパートセミナー」（7月22日）講演資料から許可を得て抜粋

[参考] 講演概要

- 開催日：2020年8月6日実施
- 演題：「宇宙からみた人間活動からの温室効果ガス -COVID-19の影響はとらえられたか-」
- 講師：久世 暁彦（宇宙航空研究開発機構 GOSAT-2プロジェクト プロジェクトマネージャー）
- 概要：
 - 宇宙からの温室効果ガス観測の意義、方法、今後の課題について解説。
 - 日本で開発された温室効果ガス観測のための分光分析技術や信頼高いデータ維持のための日米協力なども解説。
 - COVID-19感染拡大防止のための経済自粛が温室効果ガス排出に与えた影響を観測するための試みについても紹介。
 - 日米欧3極の宇宙機関（JAXA、NASA、ESA）が観測データを共同ダッシュボードで公開するなど、世界の連携が継続。



図：JAXA・久世プロジェクトマネージャー「感染症問題と環境・エネルギー分野に関するエキスパートセミナー」（8月6日）講演資料から許可を得て抜粋

謝辞

- 本資料の作成にあたり、国立研究開発法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センターが実施したエキスパートセミナーで専門分野の知見、研究開発動向などを講演いただいた有識者の皆様方に深く感謝いたします。