

前田 隼(まえだ・じゅん) JL8AQH

- ・中学生の頃無線を始め、アフガニスタンにいる国連職員と知り合う.農学部へ. 海外との交信がきっかけで外国語への興味が抑えられず、文学部へ. 電離層へのロマンが抑えられず、理学部へ.
- ・現在は大学職員として食いつなぎつつ、出張時は必ず無線機とアンテナを持参(コロナ渦以前の目下の関心事はスムーズな保安検査のパス).
- ・アマチュア無線の月刊誌CQ ham radio,電波伝搬予報担当(2015-現在).

2000 2010 2012 2015

2019

2020



農業工学言語学

電離圏の研究 博士(理学)

職員(学術情報基盤整備)



アマチュア無線免許 JL8AQH DL/JL8AQH

XV9XX

F6KAR, EI7KV, HB9/JL8AQH

目的:HF帯ユーザーとNICTをつなぐ

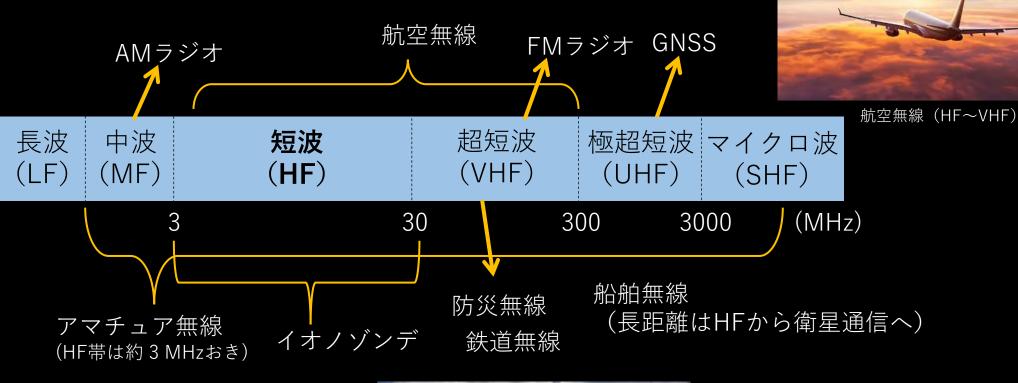
(ユーザーからのフィードバックを喚起 →宇宙天気情報のさらなる充実)

トピック

- ・HF帯ユーザーとしてのアマチュア無線局
- ・宇宙天気とHF帯電波伝搬
- ・こんな宇宙天気予報はいかがでしょう
- HF-START vs VOACAP
- ・HF帯電波伝搬データと電離圏研究



AMラジオ (MF)









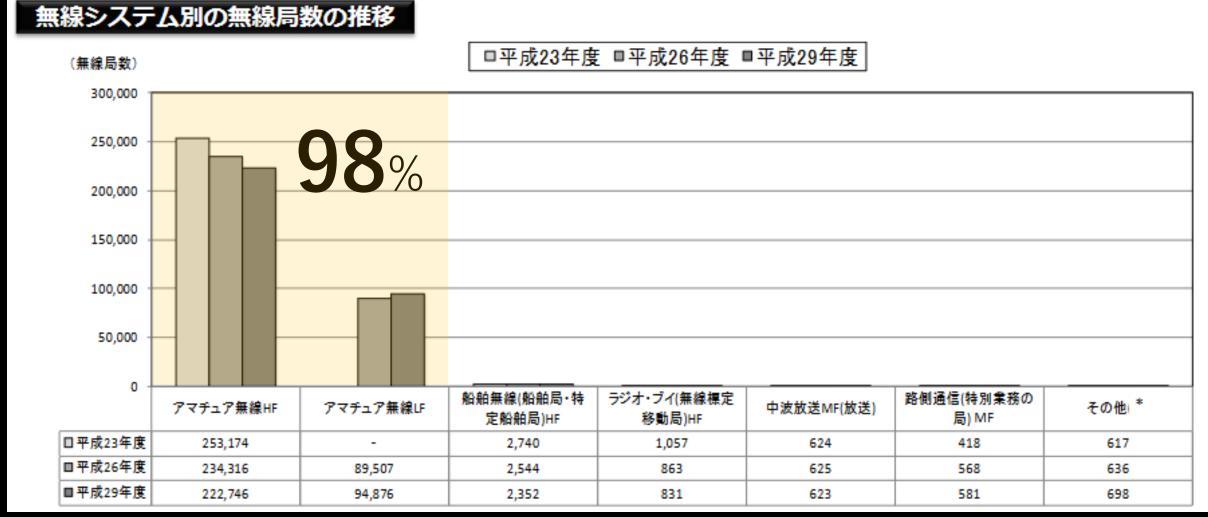
イオノゾンデ (HF)



防災無線(VHF)

26.175MHz以下の周波数帯

3

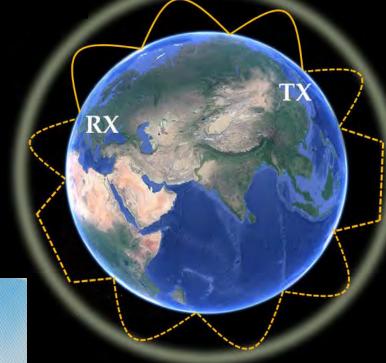


HF帯(アマチュア無線)













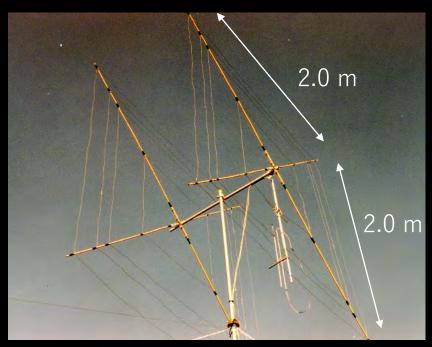




電離層による反射のおかげ

通信状態は宇宙天気に大きく左右される



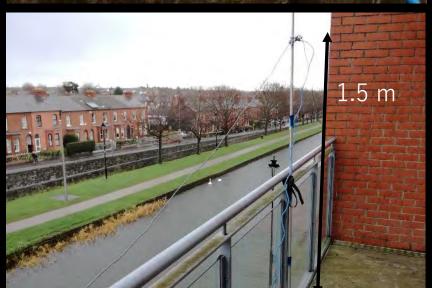


1924年アップルトン(英)によりE層発見. それから100年弱の歴史

HF帯は小さな設備(電力・アンテナ)で遠くと通信ができる









アマチュア局(日本):38万局(HF免許:25万局)

https://www.tele.soumu.go.jp/j/musen/toukei/index.htm https://www.hamlife.jp/2021/11/02/soumusyo-toukei-202109/

→ 宇宙天気ユーザー:~10万局くらい?

特徴:

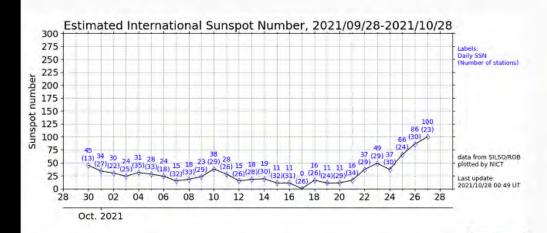
- ・たぶん一番一般市民的
- ・長期よりも短期予報が気になる
- ・利害がないので、いい意味で感覚的、楽観的
- 理論的にはよくわからない現象を当然のように知っている(=使っている)ので、科学とのマッチング(理論や観測によるサポート)が必要

アマチュア無線ユーザーが注目する宇宙天気ニュース

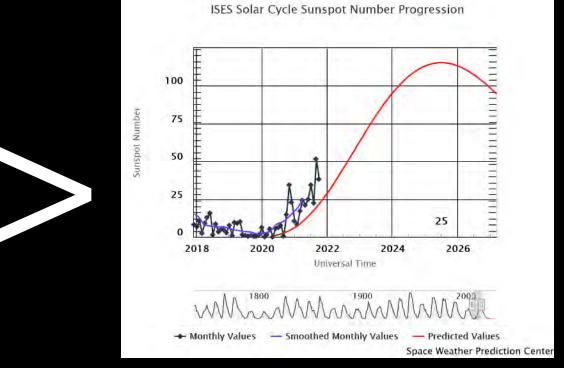
<21MHz/SSBでヨーロッパが強力に入感>1か月半ぶりに太陽黒点相対数(SSN=サンスポットナンバー)が「100」を記録



2021年10月28日(木)、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)「宇宙天気予報センター」が公表した太陽黒点相対数の推定値によると、9月9日から約1か月半ぶりに「太陽黒点相対数 (SSN=サンスポットナンバー)」が「100」を記録した。このまま太陽活動が活発になれば、HF八イバンドでのDX通信が賑やかになるだろう。それを物語るように、日本時間の10月28日(木)15時前から21MHz/SSBでヨーロッパ局(ハンガリー、ブルガリア、イタリアやヨーロッパロシアなど)の信号が強力に入感していた。



直近1か月間の太陽黒点相対数(SSN)の推定値。10月25日からSSNの上昇傾向が見られるようになった。 カッコの数値は太陽黒点相対数算出のために利用されている観測所の数(宇宙天気情報センターのWebサイトから)



https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression

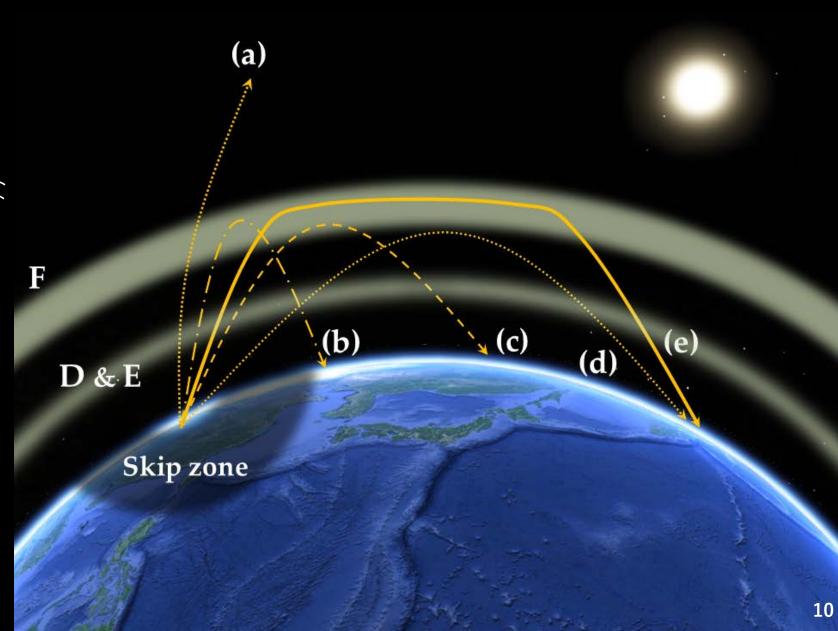
長期よりも短期予報が気になる

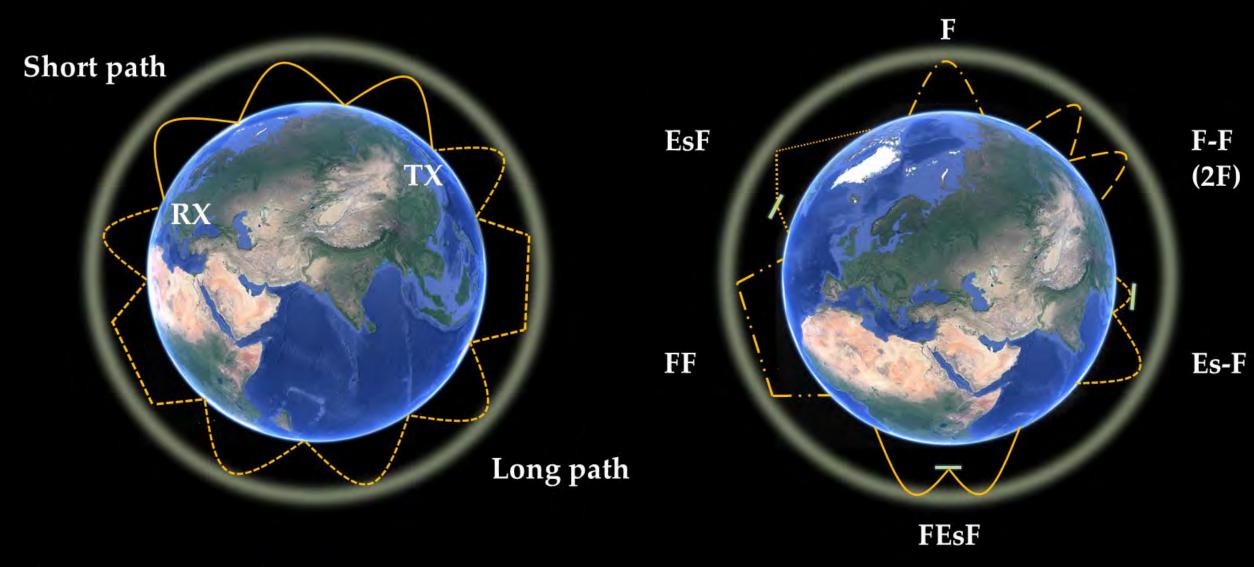
実際のHF帯電波伝搬

- →理論と実際の食い違い
- → どうやら教科書的理解に 限界があること
- →瞬時に理解できない複雑な 伝搬があること

アンテナ

- →HF帯アンテナの性能特性 を把握することの困難さ
- →ある程度どんぶり勘定で あとは電離層まかせで 楽しんでしまう
- 例) 低い打上角が良いとは 限らない





実際のHF帯電波伝搬

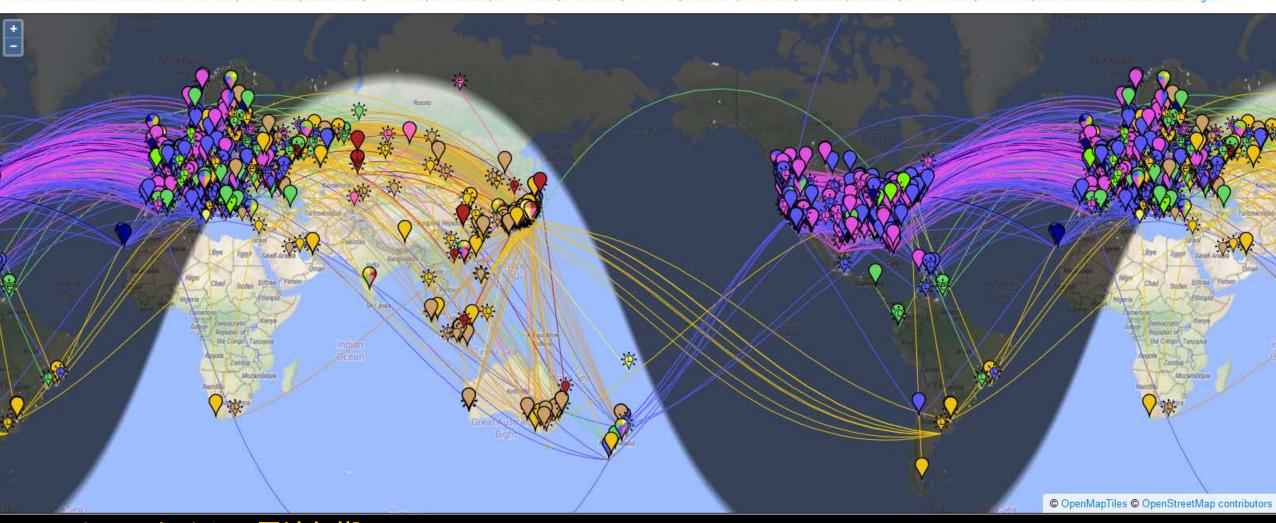
20,000km越えのロングパスなんて朝飯前

理論上のHF帯電波伝搬

概念は知っているが体感(実証)が難しい $_{11}$

アマチュア無線ユーザーが知っていること&知らないこと

There are 3321 active FT8 monitors: 1038 on 40m, 592 on 20m, 464 on 80m, 308 on 15m, 274 on 30m, 190 on 160m, 124 on 60m, 35 on 17m, 72 on 10m, 61 on 12m, 48 on 6m, 35 on 2m, 26 on unknown, 3 on 70cm, 1 on 4m. Show all on all bands. Legend



リアルタイムの電波伝搬

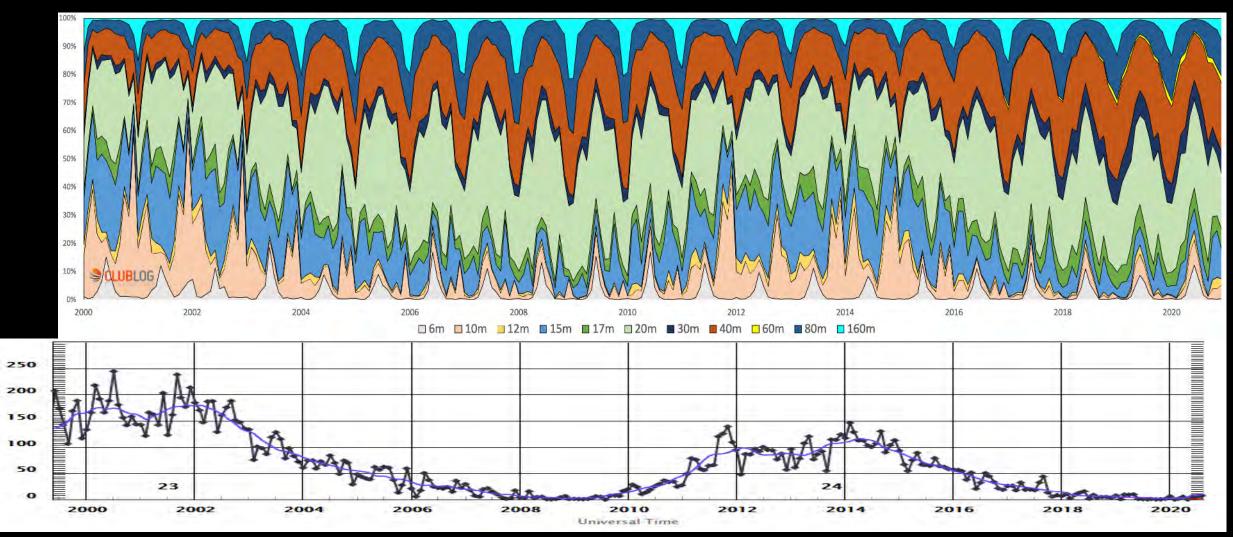
実際の電波伝搬を可視化されている

https://pskreporter.info/pskmap.html

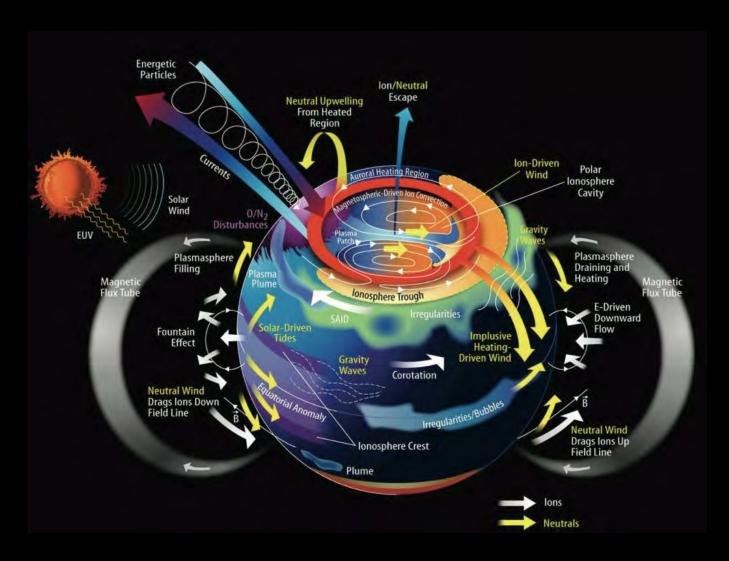
アマチュア無線ユーザーが知っていること&知らないこと

太陽活動周期にあわせた運用周波数の選択

長期的な見通しについては、(天気予報の長期予報と同じように)参考程度に受け止めている

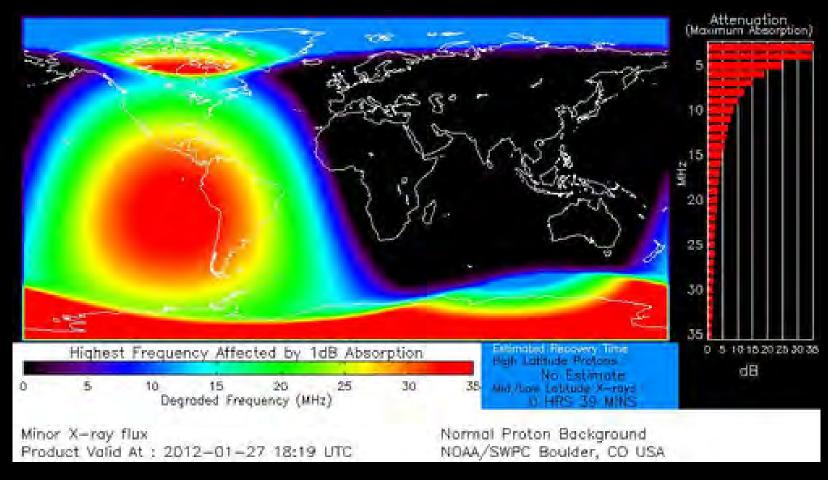


- 太陽フレア/CME
- オーロラ
- · LSTID
- MSTID
- ・プラズマバブル
- 赤道異常
- ・ポーラーパッチ
- ・スポラディックE



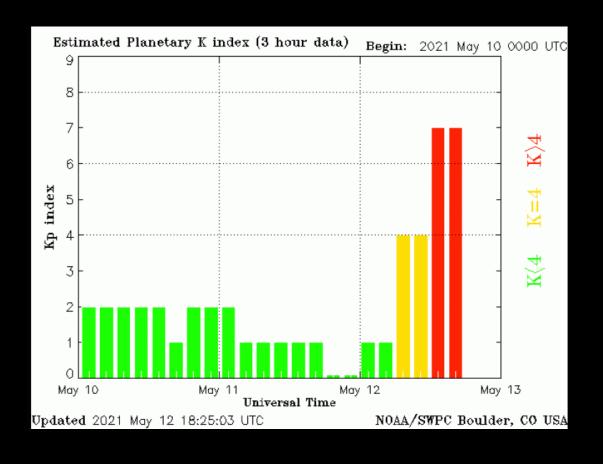
https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:lonosphere

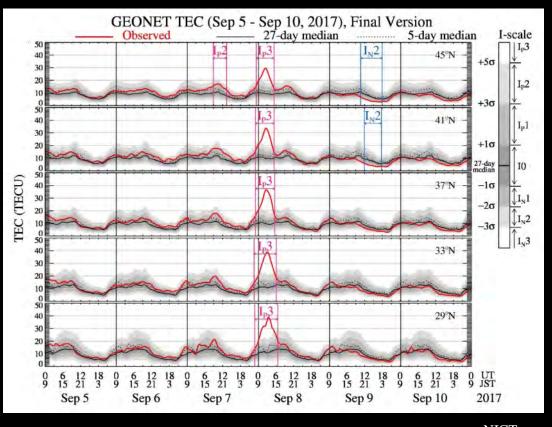
デリンジャー現象



→よく知られている

磁気嵐・電離圏嵐

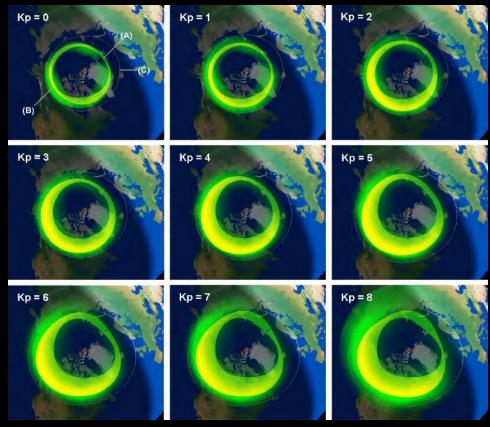




NICT

→区別・体感が難しい一方、気になる

オーロラ



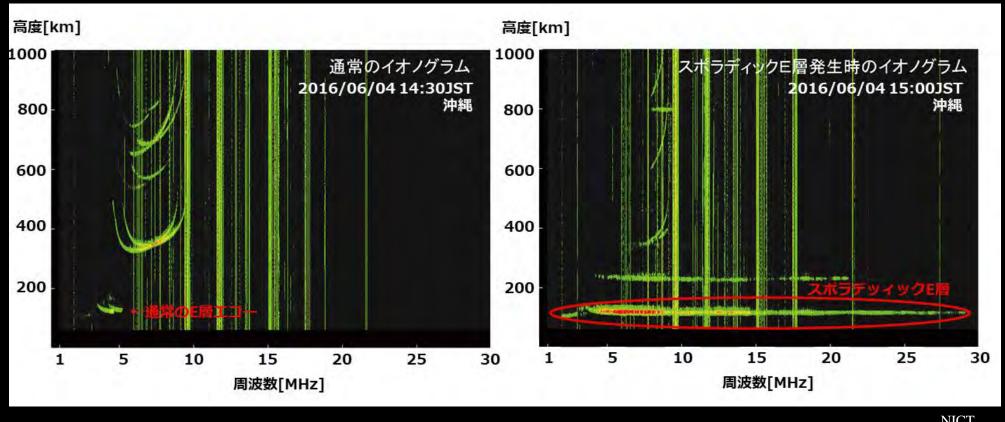
Sigernes. F., et al.(2011), JSWSC, https://doi.org/10.1051/swsc/2011003



NASA images

→なんとなく体感的に理解

スポラディックE (Eスポ)



NICT

→バッチリ意識している (=楽しんでいる)

(最優先)

数時間~1,2日先の状況について知りたい

- ・デリンジャー現象が起きるか?
- ・F層の調子は良いか?(=foF2はいくらか)
- ・なんとなく通信状態が悪化する見込みか
- (=電離圏嵐が起きるのか
 - = 夜更かし、早起きするに値するのか)
- ・今宵カリブ海は聞こえるか(=オーロラ活動は静穏か)

宇宙天気情報センターに まとめられている

(次に優先) リアルタイムで知りたい

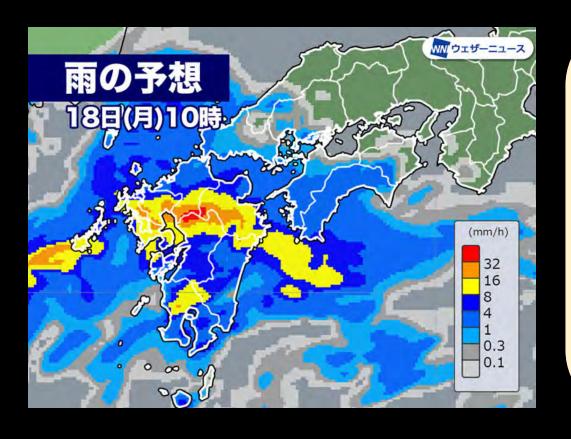
- ・Eスポは出てるか?どのへんか? (現状, 面的な情報がない) = 需要あり
- ・ロングパスは好調か?(=赤道異常は発達しているか)

PSK reporterで判断可

たとえば

宇宙天気予報、こんなのいかがでしょう

ーアマチュア無線ユーザーからの提案



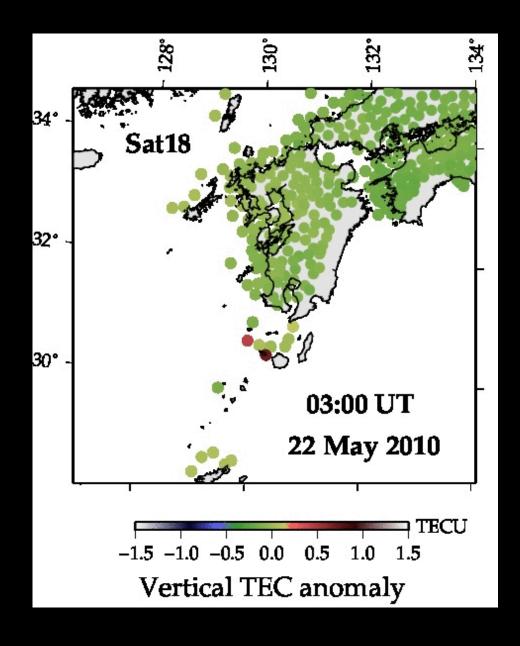
九州は東シナ海側を中心に発達した雨雲が流れ込み、激しい雨が予想されています。

多いところでは明日19日(火)までの24時間で150mm、局地的には200mm近い大雨になる予想です。

熊本県・宮崎県・鹿児島県の一部では、16日(土)の大雨によって、既に地中に大量の水分が含まれて、地盤が緩くなっているところがあります。道路冠水や河川氾濫に加えて、土砂災害の発生に厳重な警戒が必要です。

(2020/05/18 05:19 ウェザーニュース)





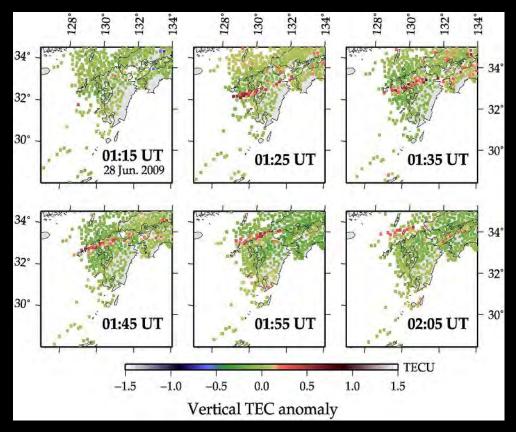
きょうは電離圏も穏やかな一日となりました. あすの予報です.

あすは九州上空でつよいスポラディックEが 発生するでしょう.

昼過ぎから午後2時頃にかけて,九州周辺ではHF~VHFの異常伝搬に注意が必要です.アンテナは50MHzを準備しておきましょう.楽しい初夏のEスポ伝搬となりそうです.以上,宇宙天気予報をお伝えしました.



Eスポの予想:宇宙天気予報の例



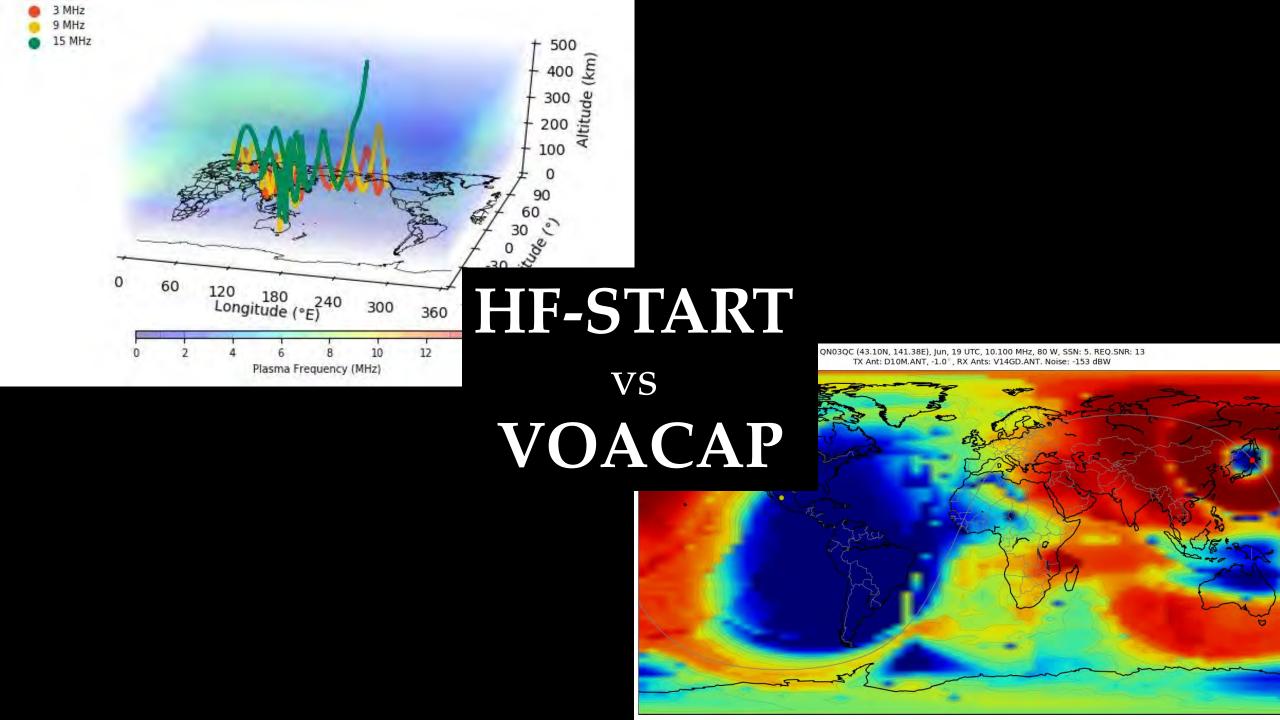
Maeda et al. (2016), *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1002/2015GL067585.

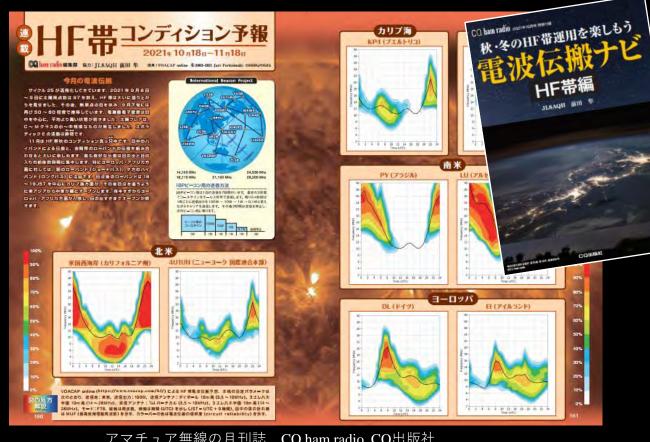
きょうはスポラディックEの活発な一日となりました.

九州上空では、午前10時頃から昼前にかけてつよいスポラディックEが発生しました。 HF~VHFでは異常伝搬が確認されています.

あすも引き続き,Eスポ伝搬に注意が必要です. 以上,宇宙天気予報をお伝えしました.







アマチュア無線の月刊誌, CQ ham radio, CQ出版社

VOACAPによる月間電波伝搬予報

- →日本語訳が必要
- →伝搬が使える時間や周波数を地域別に予測
- →特にビーコンのない地域を予測

HF-STARTによるシミュレーション

- →日本語で使える, 自分でできる
- →伝搬が「見える」
- →リアルタイムで「ホンモノ | の伝搬



HF-START はリアルタイムの電響機設調情報を用 って、何々と変化する電離機能子密度と短波帶の電流

また。このシミュレータの特殊は何といっても伝搬 において 何 MRs の保波を使うと何まっプで利手ま たが、HRSTARTではそれが可穏化されています。 電離圏と地上を反射して伝搬する様子が指摘され、視 似的にインパクトのある表示となっています。 特に反 射森度などもホップごとに表示されますので、 電流伝 粉の様子が具体的に理解できるようになっています。

HF-START 活用法 「リアルタイム電波伝搬」の活用がお勧星 国内交信では 3.5MHz, 7MHz, 10MHz などのロー バンドが盛んに利用されます。HF-START のリアルタ イム情報はデフォルトで3/6/9MHzの電波伝搬が表示 されていますので、すぐに現況の根据に役立てること フェルトではリアルタイム機能が表示されている。 伴しい怪い方の また。日本上空の電離機能子密度は世界版のそれ

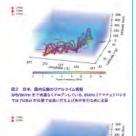
Regional Telecommunications) の Web 公園を開始 しました(図1)、リアルタイム情報と任意の日時を指定

できる Web ツールが用意されています (値1は9アルタ

する様子(図3)が見事に再現されていることがわか

いダイボール・アンテナカと 打ち上げ角が高くたる

加えておもしるいのは、関2の高い打ち上げ角の



17451ST [関4(d)] は失ほどと30分しかまわってい

6MH2の電液は電離機で減やかに屈折を受けている

ことです。教科書的な全反射のイメージを置す結果で、 私たちアマチュア無義家の電液伝搬の観念を大きく変

海外交債 常波伝搬の藤間変化を「見る

よいでしょう) は北米西海岸へ伝動があることがわかり

時刻を進めてみましょう。 図4(b) は 10151ST の様子

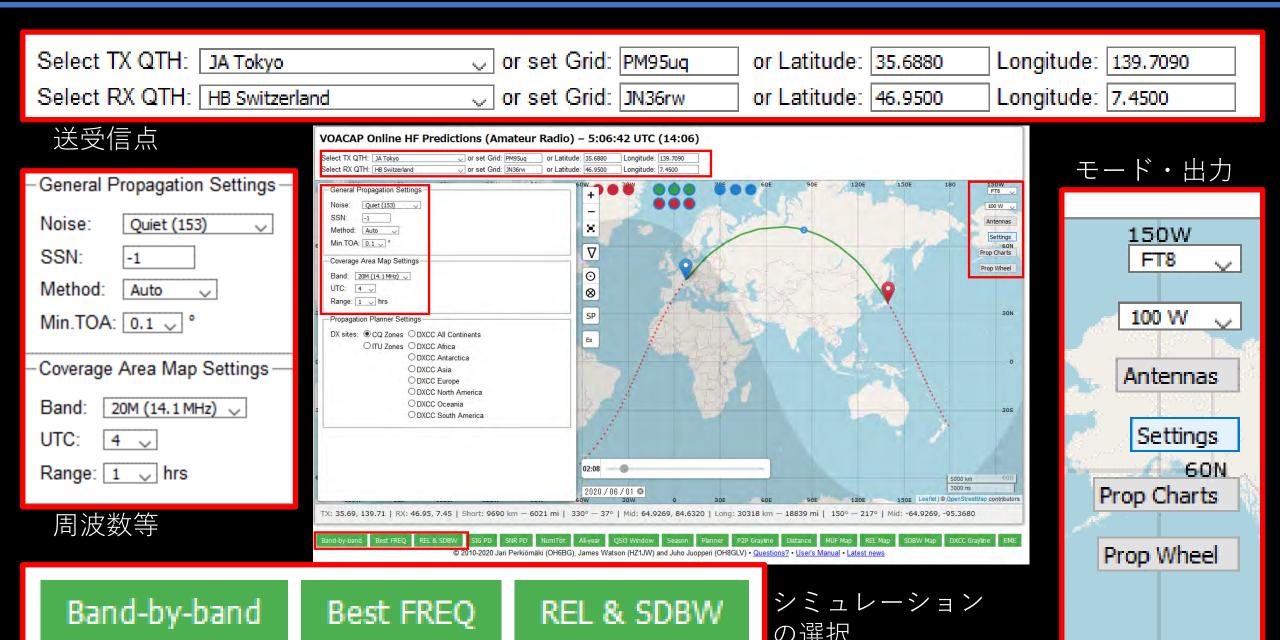
ンしていますが、15MHz の伝搬は 4 ホップから 3 ホッ

いることがわかります このあたりは現実のバンドの間

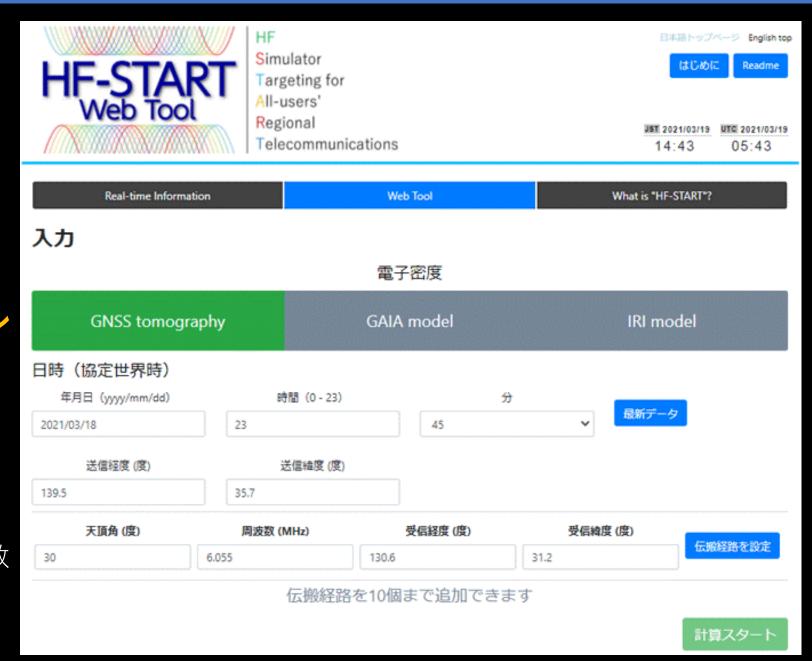
えるものではないでしょうか

CQ ham radio 2021年5月号, CQ出版社

ユーザー・インターフェース:VOACAP



ユーザー・インターフェース:HF-START



電離圏モデル

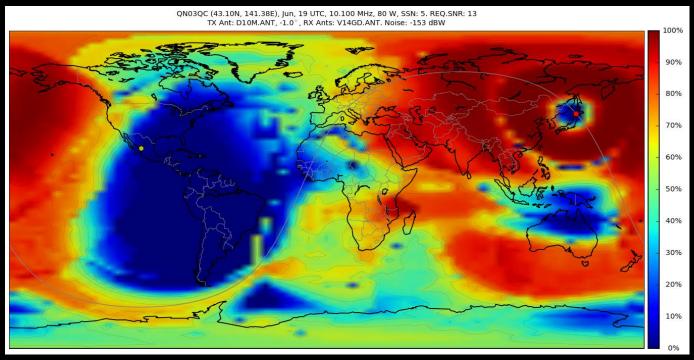
日時

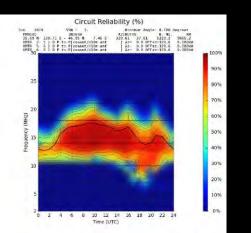
送信点

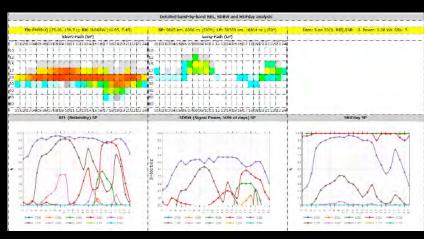
天頂角・周波数

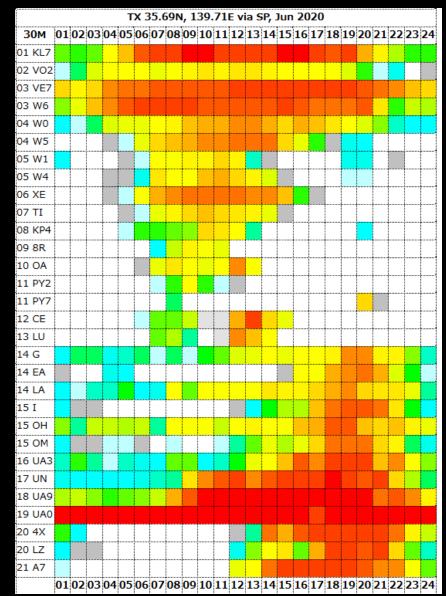
受信点

シミュレーション結果:VOACAP

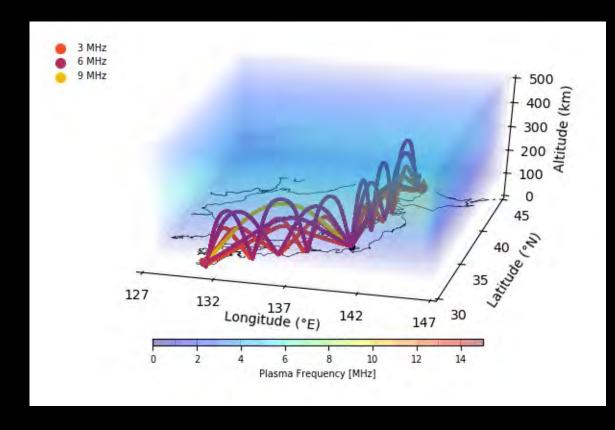




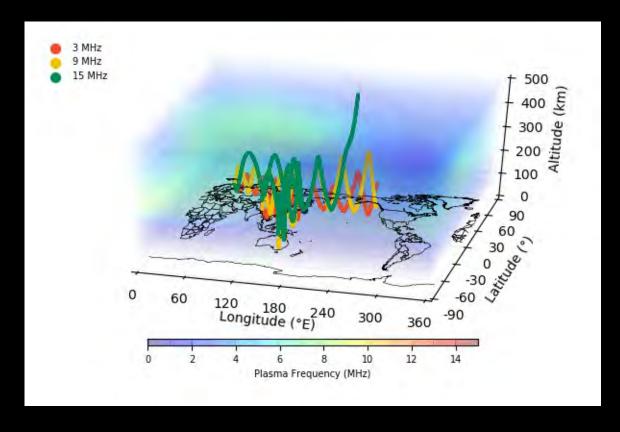




国内伝搬



海外伝搬



- ・電波伝搬が「見える」
- ・周波数の違い → ホップ数の違い が明確
 - → 反射高度の違い

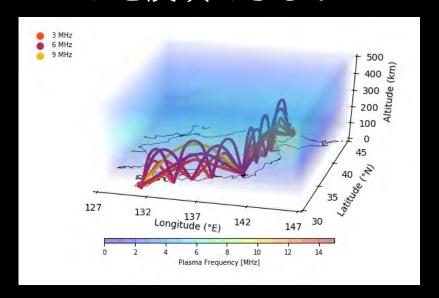
HF-START

ここがすごい

・電波伝搬が可視化される

期待する点

- ・送受信点の選択をより簡単に
- ・天頂角を打上角に
- ・図を拡大できるとうれしい
- Eスポを反映できる?



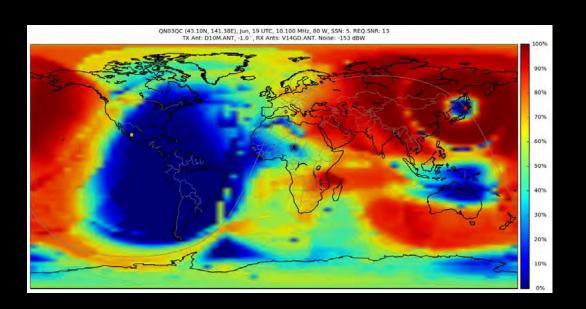
VOACAP

ここがすごい

・シミュレーションの多様性(見せ方)

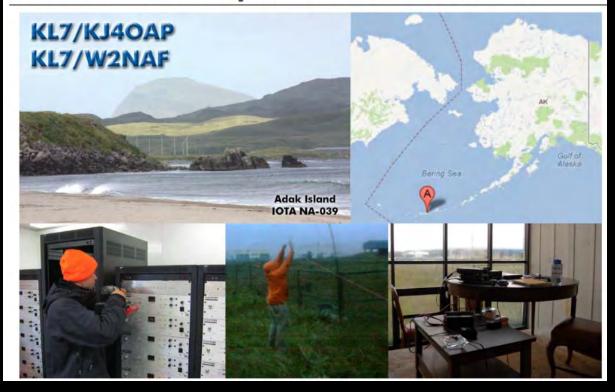
期待する点

- ・精度(ちょっと大雑把な印象)
- ・電波伝搬が見えるように
- リアルタイム性



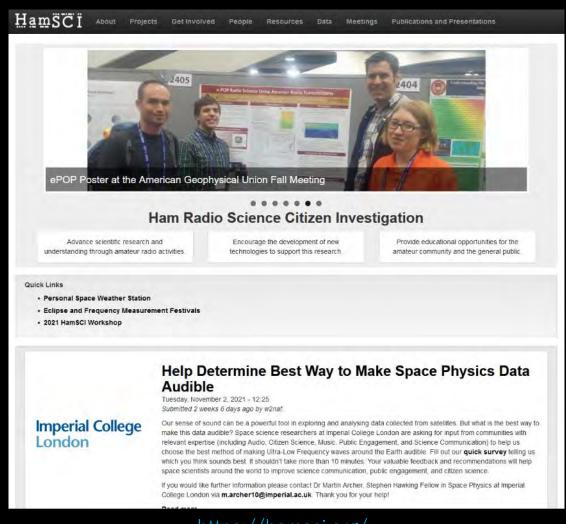
アマチュア無線データから 電離圏を紐解く

Adak Island SuperDARN/DXPedition



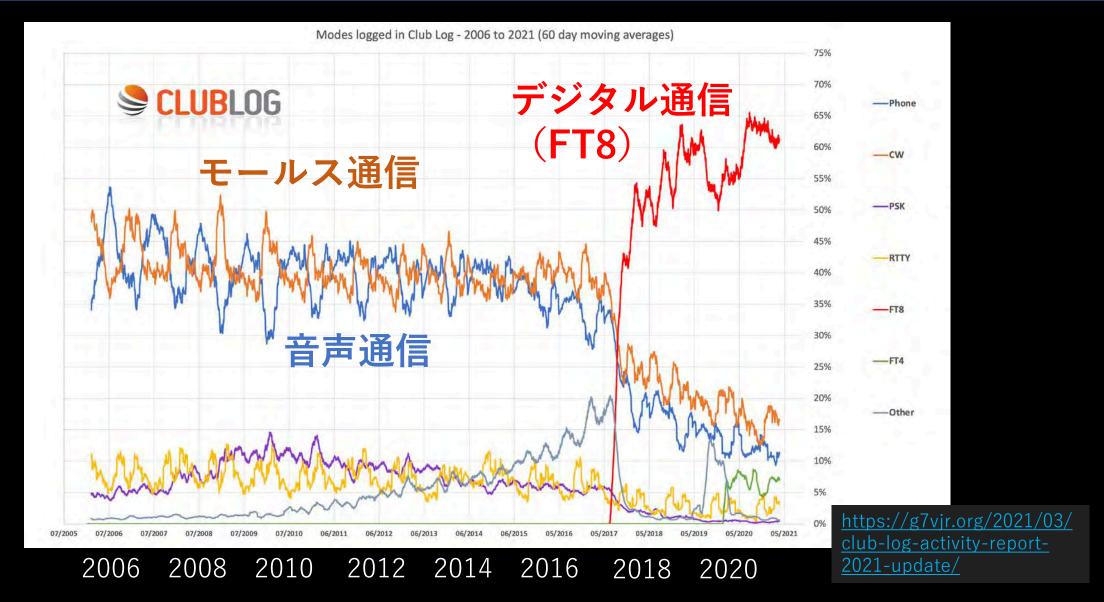
アメリカではすでに行われている

- ・太陽フレア、皆既日食に伴う電波伝搬実験
- ・電離圏そのもの+HF帯電波伝搬への影響を観測



https://hamsci.org/

実は今、HF帯電波伝搬は「初めてのサイクル」を迎えている



HF帯電波伝搬に新たな地平線 = 電離圏メカニズムへの新たな知見

- ・国内HF帯ユーザーの98%がアマチュア無線局
- ・短期的(数時間~1,2日先の)予測に需要あり
- ・リアルタイムなEスポの面的情報に需要あり
- ・HF-STARTのUI向上や新機能にさらなる期待
- ・高SNRのデジタルモード(FT8)の普及で新たな電波伝搬が 見つかる可能性=HF帯電波伝搬は科学的にもフロンティア
- ・アマチュア無線データを利用した宇宙天気と電波伝搬, 電離圏研究の可能性 → 航空無線等への還元

