

【講演2】

アマチュア無線で楽しむ 宇宙天気

2024年2月29日(木)

平 和昌

国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT) 協力研究員

本日の話題



- アマチュア無線とは？
- HF(短波)帯を用いた海外とのDX通信
- HF帯DX通信で体験する電波伝搬
- 宇宙天気研究とアマチュア無線のコラボレーション

アマチュア無線とは？

- 個人的な興味によって行う無線通信・無線技術研究
- 様々な楽しみ方があることから「趣味の王様」とも呼ばれている
- 日本国内で約36万局、世界で約300万局のアマチュア無線局があると言われている

- 電波法施行規則第3条第1項の15

アマチュア業務 金銭上の利益のためでなく、もっぱら個人的な無線技術の興味によって行う自己訓練、通信及び技術的研究その他総務大臣が別に告示する業務を行う無線通信業務

- アマチュア無線が果たしてきた役割

- マルコーニなどの多くの無線通信黎明期の研究者は、そもそもアマチュア無線家だった。
- 利用価値がないとされていた短波帯が、低電力でも世界中と通信できることを実証し、電離層が存在することの発見に結びつけた。
- 東日本大震災をはじめとする災害時における連絡手段としての役割を果たした。

「無線局」 {
● 無線設備
● 無線設備の操作を行う者

・・・「無線局免許」
・・・「無線従事者免許」

我が国におけるアマチュア無線の現状



● 我が国の アマチュア無線従事者資格と保持人数

(令和4年度、データ出所:総務省)

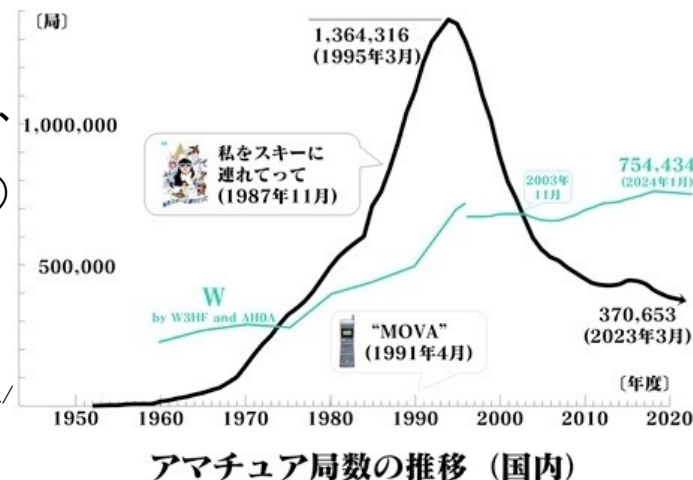
- 第一級アマチュア無線技士: 35,146人
 - 第二級アマチュア無線技士: 85,869人
 - 第三級アマチュア無線技士: 272,163人
 - 第四級アマチュア無線技士: 3,165,127人
- 合計: 3,558,305人

● 我が国のアマチュア無線局数

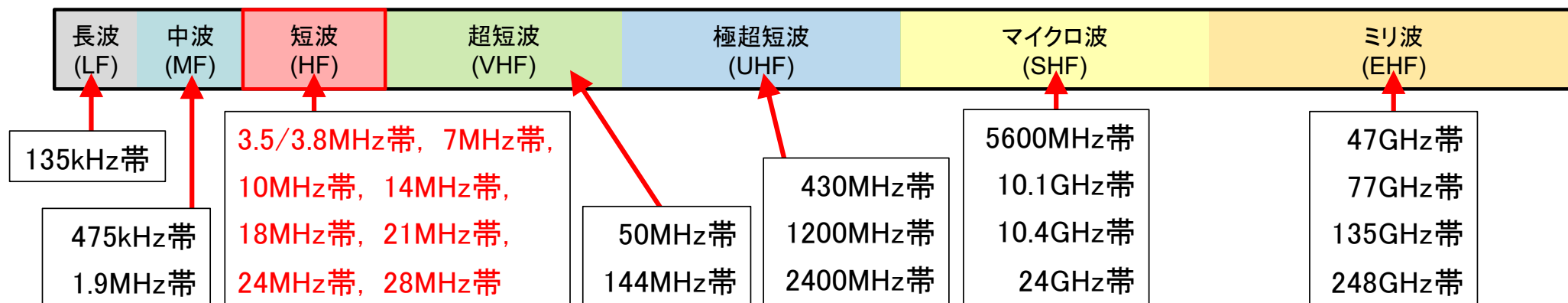
358,816局

(2024年2月29日現在、
データ出所:総務省
「無線局等情報検索」)

【グラフ出典】
<https://jj1wtl.seesaa.net/>



● 我が国のアマチュア無線局に許可されている周波数帯



アマチュア無線の楽しみ方

固定運用
／ 移動運用

おしゃべり派
／ コンテスト派

交信する
／ 交信しない

国内交信
／ 海外交信

音声／モールス／デジタル

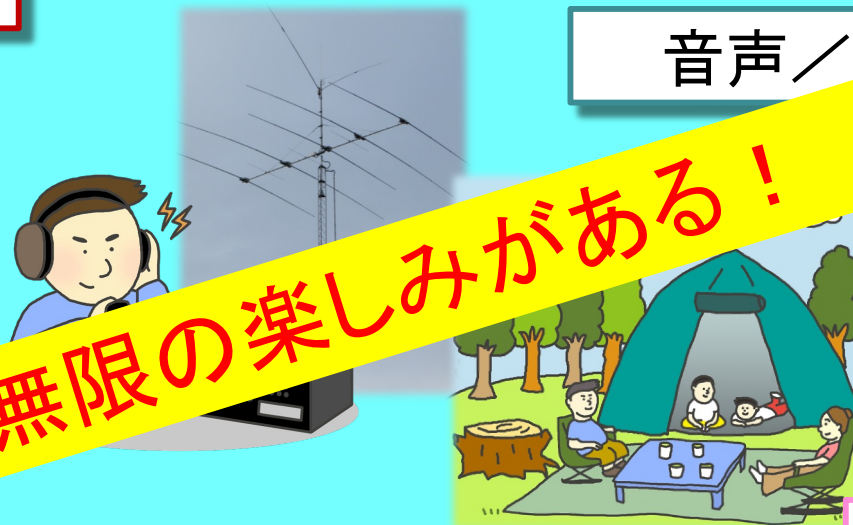
最先端技術
／ レトロ技術

短波帯
／ V・UHF帯

購入派
／ 自作派

ハイパワー
／ ローパワー

無限の楽しみがある！



本日の話題



- アマチュア無線とは？
- HF(短波)帯を用いた海外とのDX通信
- HF帯DX通信で体験する電波伝搬
- 宇宙天気研究とアマチュア無線のコラボレーション

HF帯を用いた海外とのDX通信



モチベーション

- 海外のアマチュア無線家と交信してみたい
- 自分の送信した電波が他国まで届くことにドキドキする
- アワードが欲しい
「DXCC」、「IOTA」をはじめ多数



アクション

- アンテナを高性能化する
- 高性能なトランシーバを整備する
- 上級ライセンスを取得する
- モールス通信ができるようにする
- (合法的に)送信電力を増加する



www.yaesu.com



www.kenwood.com



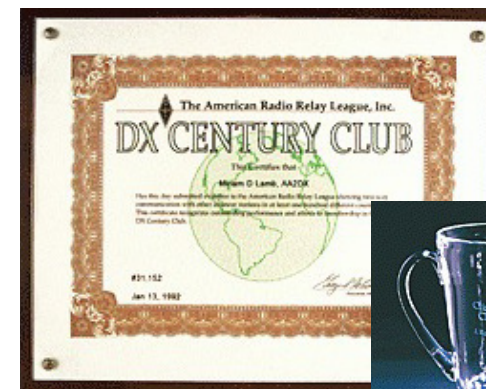
www.icom.co.jp

DXCC



● DXCC (DX Century Club) とは？

- 米国のアマチュア無線連盟「**ARRL**: American Radio Relay League」が主宰するDXクラブ
- ARRLが定めたルールに従い、**100以上の「エンティティ」**からOn Airするアマチュア無線局と交信できたことが証明されれば、クラブの会員になれる
- 交信できたエンティティ数に応じて、賞状が授賞される(**アワード**)
- 世界中の多くのアマチュア無線家が、**交信できたエンティティ数を増やしたい**ために熱を上げている

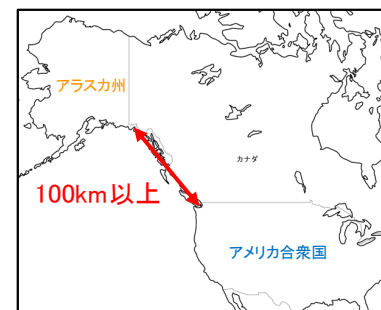


<https://www.arrl.org/dxcc>

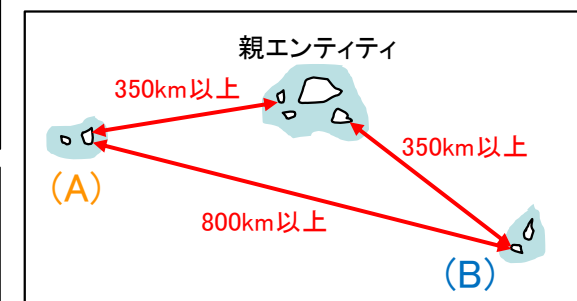


● 「エンティティ」の決め方

- ① **国家**(次の条件のいずれかに該当すること)
 - 国連に加盟していること。
 - ITUから国際呼出し符字列の割当てを受けていること。
 - 独立のアマチュア無線連盟として国際アマチュア無線連合(IARU)に加入していること。
- ② **地理的条件**
 - a. 国家が陸地により分離されている場合
 - b. 島・群島

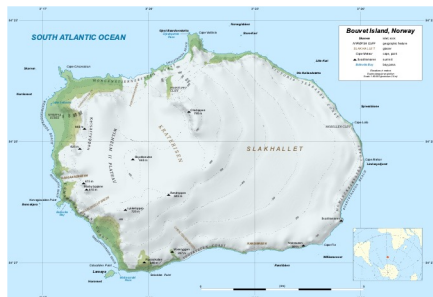


現在の
エンティティ数
340



DXペディションの例（1）

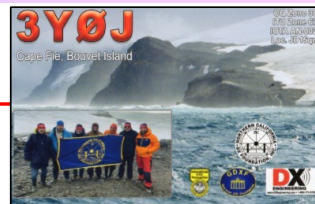
『ブーベ島』 ノルウェー領の無人島



<https://commons.wikimedia.org/wiki/>

3Y0J

- ・運用：2023年2月7日～2月14日
- ・メンバー構成：米国、ブラジル、ドイツ、イタリア、ニュージーランドなどによる国際チーム（運用は7名）
- ・総交信局数：18,623局

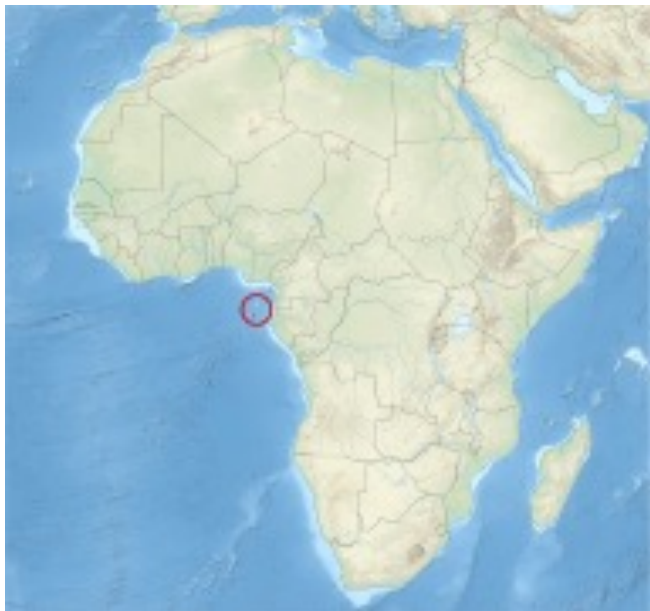


【写真出典】 <https://www.dx-world.net/3y0j-bouvet-island/>

DXペディションの例 (2)



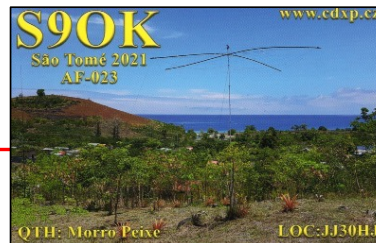
『サントメ・プリンシペ民主共和国』



<https://commons.wikimedia.org/wiki/>

S9OK

- ・運用: 2021年10月3日～10月16日
- ・メンバー: チェコ共和国のアマチュア無線家7名
- ・総交信数: 107,505



【写真出典】 <https://www.rajce.idnes.cz/cdyp/album/s9ok>

本日の話題

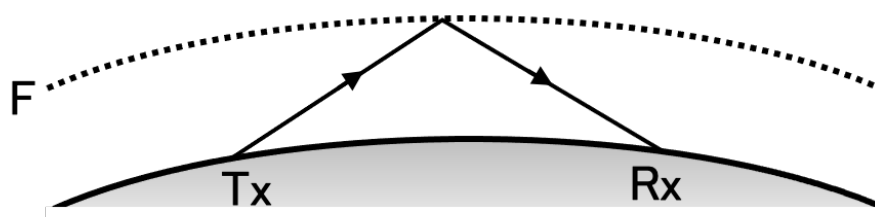


- アマチュア無線とは？
- HF(短波)帯を用いた海外とのDX通信
- HF帯DX通信で体験する電波伝搬
- 宇宙天気研究とアマチュア無線のコラボレーション

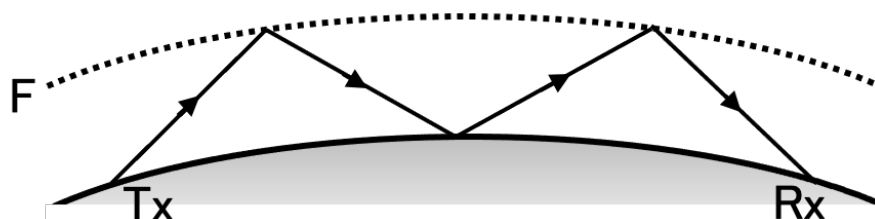
① F層正規反射によるHF伝搬

F層正規反射による伝搬

■ シングルホップ



■ マルチホップ



● 1回のポップによる伝搬距離

3,000 ~ 4,000 km

- 日本～ヨーロッパ ➡ 8,000 km
- 日本～北米西海岸 ➡ 2～3回のポップ
- 日本～アフリカ中部 ➡ 12,000 km
- 日本～イースター島 ➡ 3～4回のポップ

A31DL(トンガ) 10MHz CW
2024年2月24日17:33JST
(東京からの距離: 7,900km)



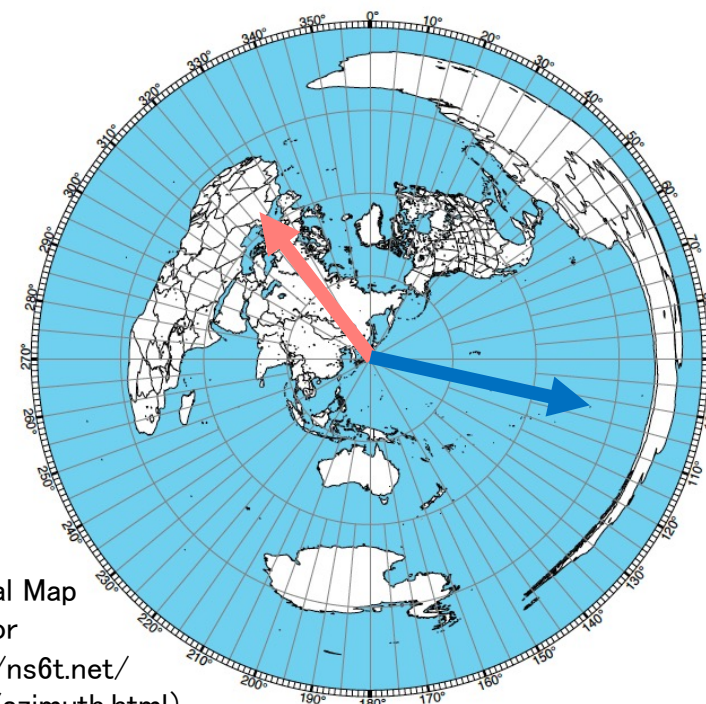
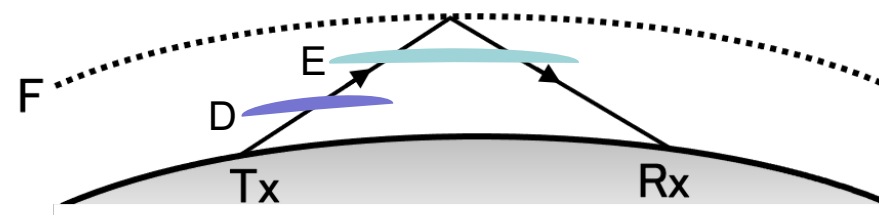
● 伝搬予測(回線設計)が確立されている

ITU-R Recommendation P.533-14,
"Method for the prediction of the performance of
HF circuits," 2019.

【正規反射】 信号強度に影響を及ぼす主要因

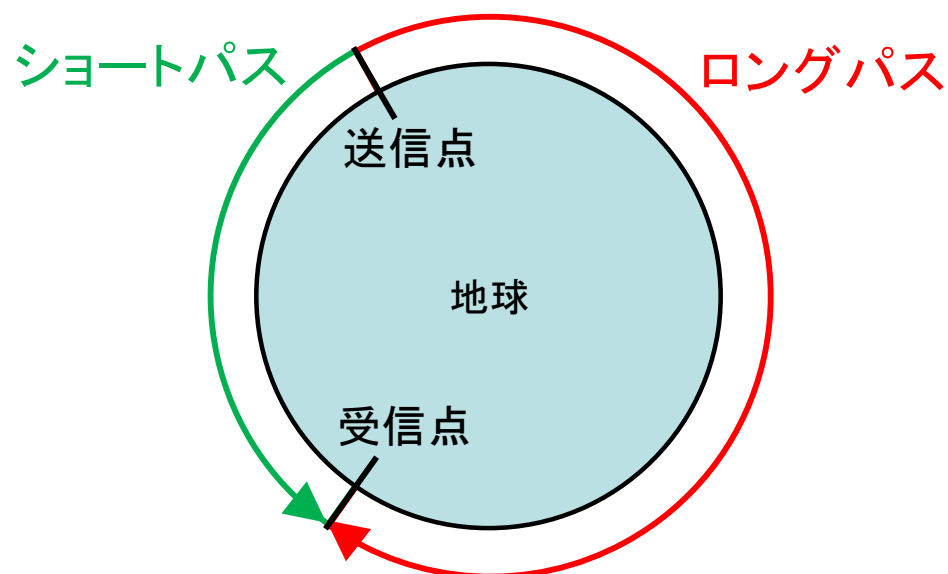


- 「**第一種減衰**」による減衰
 - **D層およびE層を通過**するときの減衰
 - 各層の電子密度が高いほど減衰量が多い
 - 電子密度が一定である場合、**周波数が低いほど減衰量が多い**
 - 各層への入射角度が低いほど減衰量が多い
- 「**大地反射・海面反射**」による減衰
 - 大地反射より海面反射の方が減衰量が少ない

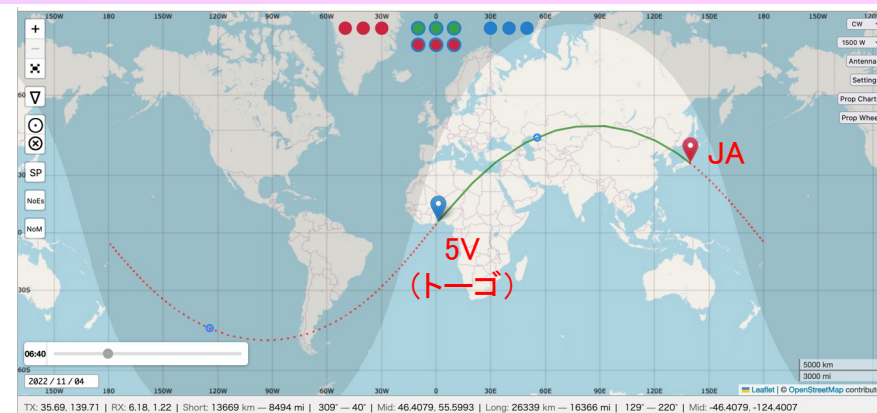


Azimuthal Map
Generator
(<https://ns6t.net/azimuth/azimuth.html>)

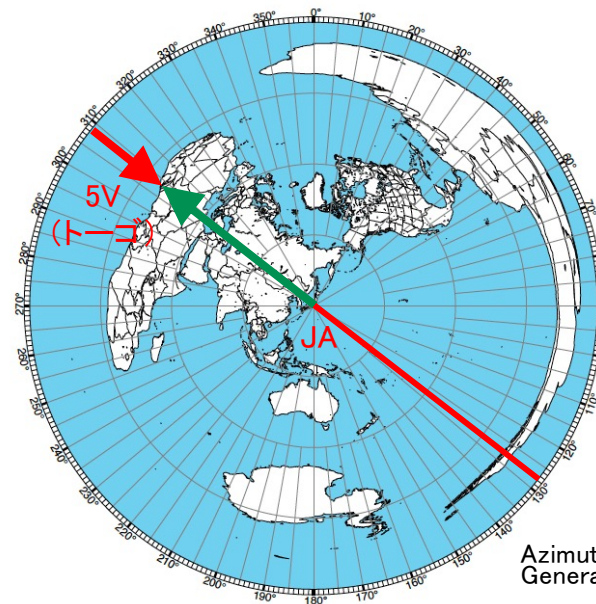
② ロングパスによる伝搬



- **ショートパス**: 地球上の2地点間を**最短距離**で結んだ線(**大圏コース**)上を伝搬するパス
- **ロングパス**: **大圏コースの180° 反対向き**の線上を伝搬するパス



VOACAP (<https://www.voacap.com/hf/>)

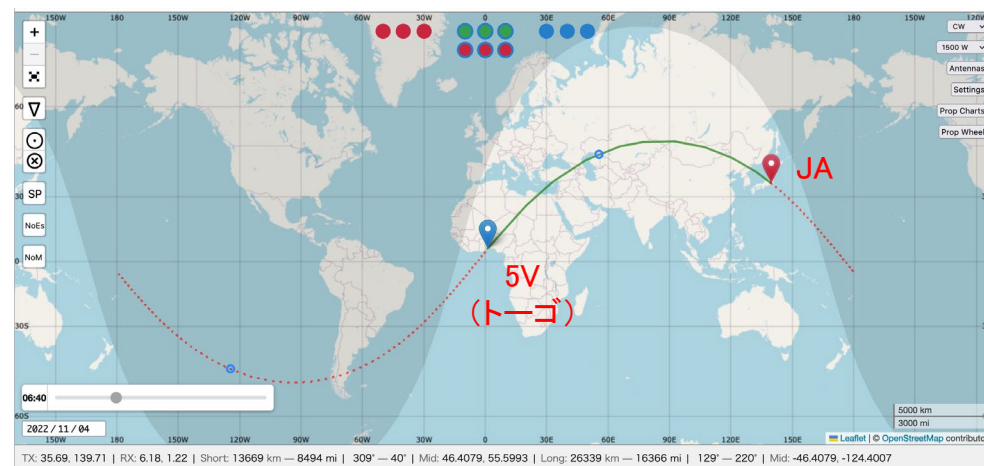
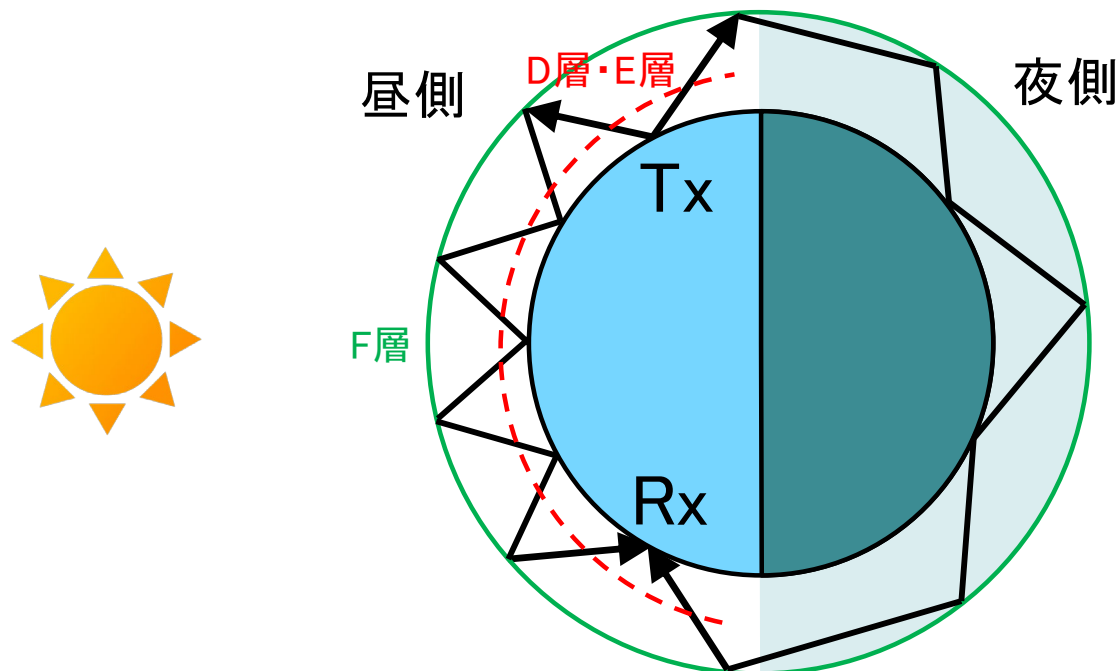


Azimuthal Map Generator

東京からトーゴ

- ・ショートパス:
13,650km
- ・ロングパス:
26,420km

ロングパスによる伝搬の特徴・実例



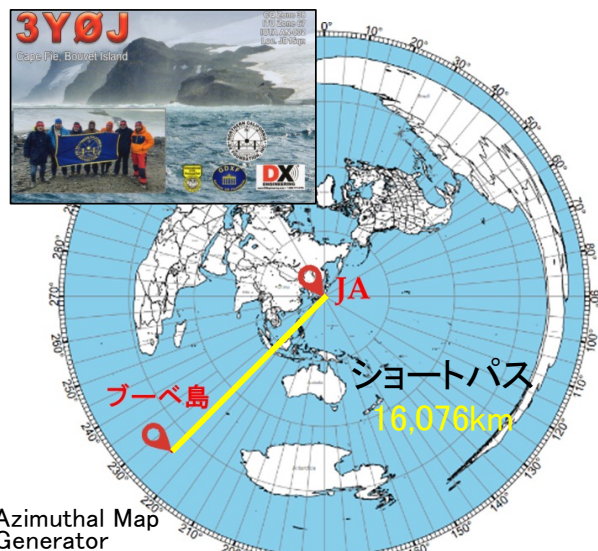
VOACAP

- ショートパスの信号強度に比べ、**ロングパスの信号強度の方が強いケース**がある(そもそもロングパスでしか交信できないことも多い)。
- ロングパスには、夜間を通過するパスを利用することで**D層・E層の第一種減衰がないことや、大地に落ちないパスが存在すること**などが理由(とされている)。

5V7RU(トーゴ共和国) 14MHz CW
2022年11月3日15:08JST
(東京からのロングパス:**26,420km**)

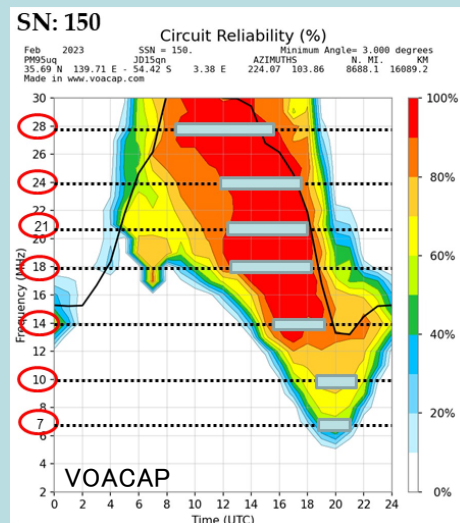


③ 2023年ブーベ島DXペディション時の電波伝搬

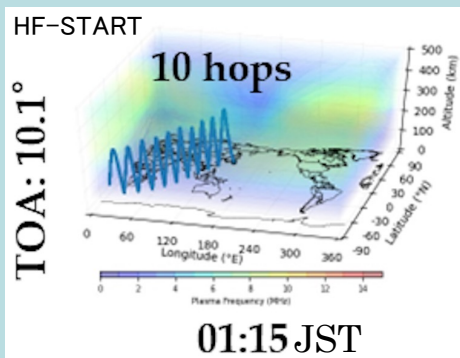


日本・ブーベ島間ショートパス

事前の伝搬予測



① VOACAPによるショートパスの入感予測



② HF-STARTによる伝搬予測(14MHz)

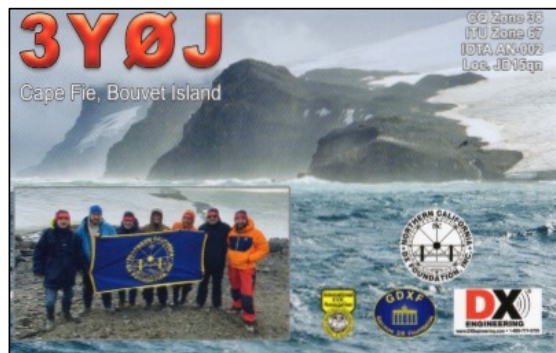
当日の入感状況

(日時は全て日本時間)	CQ ham radio 2023年3月号・4月号「High-Band DXing」記事のデータ	平・前田の記録(受信地点:東京)
2023年 2月7日	18MHz帯 CW 20:00前からショートパスでRST 559 22:00頃 ピークでRST 599 (翌日)00:00過ぎまで入感 21MHz帯 CW 20:40頃 信号が「印象的」	18MHz帯 CW 23:00前後 RST 559~599, クリア 23:15頃から RST 579~599, 短いQSB 23:55頃から ピークでRST 599, クリア (翌日)00:30頃から RST 519, 短いQSB 21MHz帯 CW 21:00前後 RST 539~559, クリア
2月9日	18MHz帯 CW 23:00頃 RST 589	
2月10日		18MHz帯 CW 23:05頃から RST 519~539 21MHz帯 CW 22:00頃 RST 519~539 22:15頃から RST 539~559 22:25前後 ピークでRST 579 22:30頃から RST 539~559, 短いQSB 22:45前後 ピークでRST 579
2月11日	21MHz帯 CW 22:40頃 RST 599	
2月12日	18MHz帯 CW 22:30頃 RST 599	
2月14日		21MHz帯 CW 01:10頃 RST 539

3Y0J(ブーベ島) 18MHz CW
2023年2月7日23:26JST
(東京からのショートパス: 16,076km)



3Y0J (ブーベ島) DXペディションの交信実績



- ・運用: 2023年2月7日～2月14日
- ・総交信局数: 18,623局

エンティティ別 交信数

日本における 周波数帯別交信数

エンティティ	交信数
日本	5,876
USA	2,623
イタリア	1,272
ドイツ	902
スペイン	611
フランス	598
ポーランド	433
ブラジル	403
フィンランド	299

周波数帯	交信数	割合
28MHz帯	339	5.8%
24MHz帯	0	0%
21MHz帯	1,830	31.1%
18MHz帯	2,683	45.7%
14MHz帯	146	2.5%
10MHz帯	878	14.9%
合計	5,876	100%

【データ】 VE3LYC/Cezar Trifu (翻訳: JK1KSB/奥村誠二), 「3Y0Jブーベ島DXペディションレポート」, CQ ham radio 2023年6月号.



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bouvet_Island_topographic_map-en.svg

ブーベ島-日本間電波伝搬の時間変化 (1)



● 2023年2月7日 18MHz帯 (時刻は日本時間)

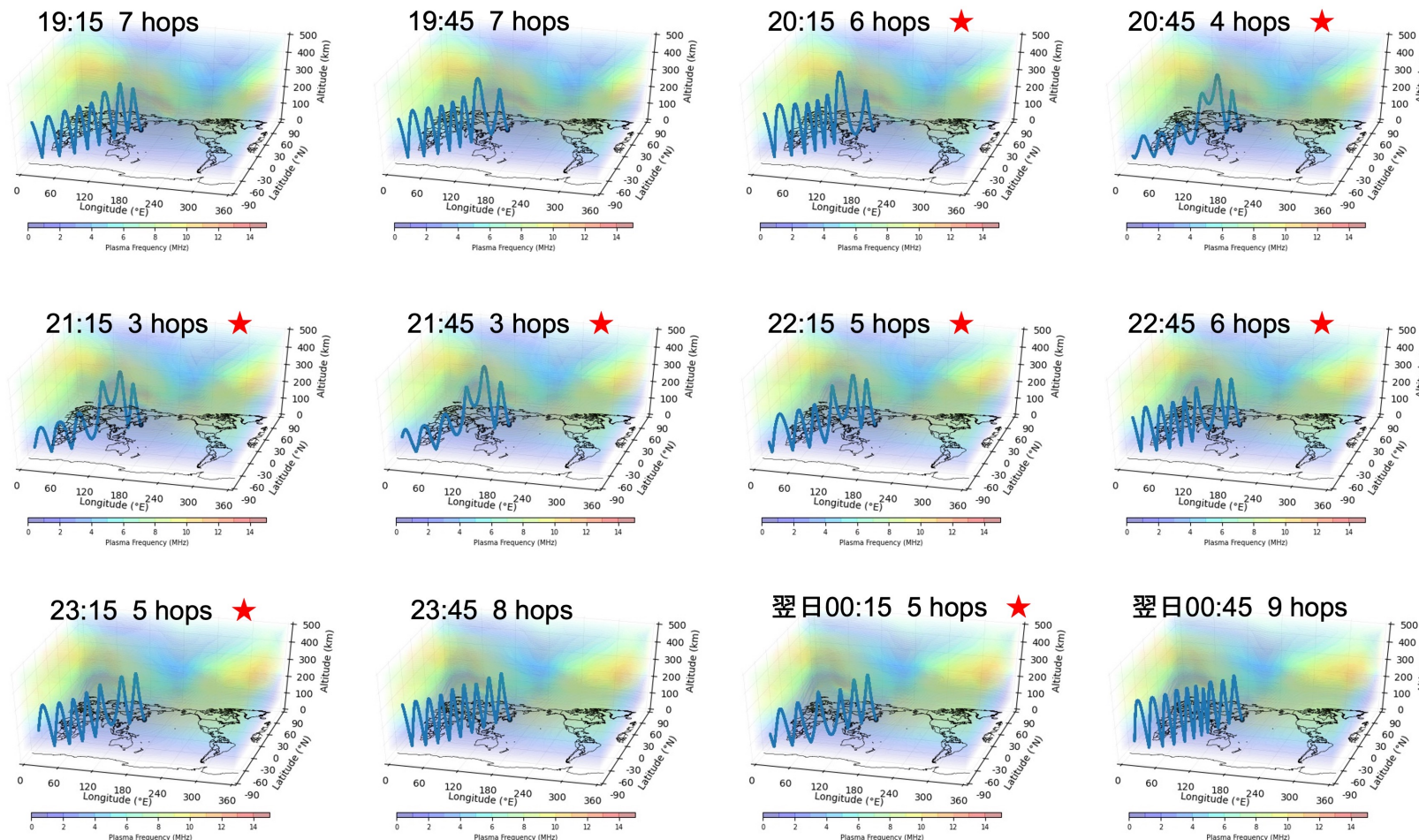
HF-STARTを用いた
ショートパスの
エミュレーション結果

平(JL1FFA)・前田(JL8AQH),
「3Y0J DXペディションにおける
JAとの電波伝搬を探る」,
CQ ham radio 2023年8月号

HF-START
<https://hfstart.nict.go.jp/jp/>

【エミュレーション条件】

- ・打ち上げ角10.1度
- ・GAIAモデルを使用
- ・送信地点:東京
- ・受信地点:ブーベ島



ブーベ島-日本間電波伝搬の時間変化 (2)



● 2023年2月10日 **21MHz帯** (時刻は日本時間)

HF-STARTを用いた
ショートパスの
エミュレーション結果

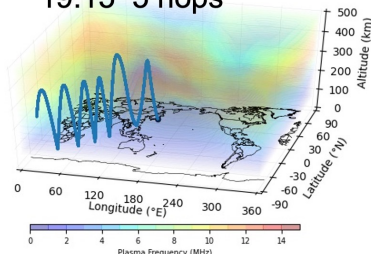
平(JL1FFA)・前田(JL8AQH),
「3Y0J DXペディションにおける
JAとの電波伝搬を探る」,
CQ ham radio 2023年8月号

HF-START
<https://hfstart.nict.go.jp/jp/>

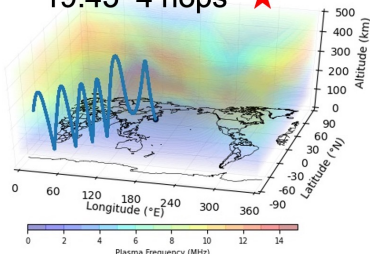
【エミュレーション条件】

- ・打ち上げ角10.1度
- ・**GAIAモデル**を使用
- ・送信地点:東京
- ・受信地点:ブーベ島

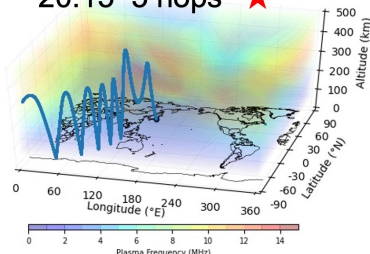
19:15 5 hops



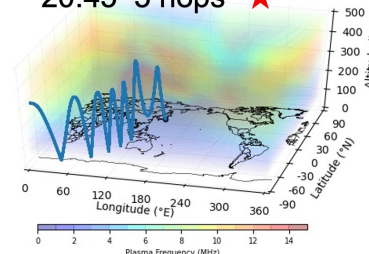
19:45 4 hops ★



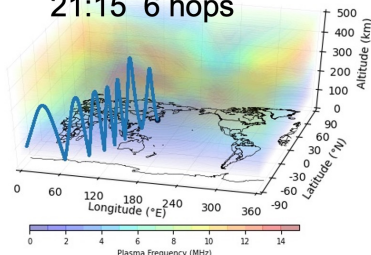
20:15 5 hops ★



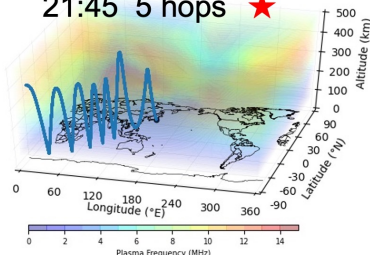
20:45 5 hops ★



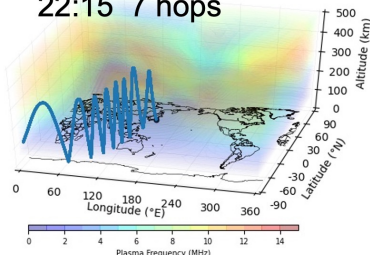
21:15 6 hops



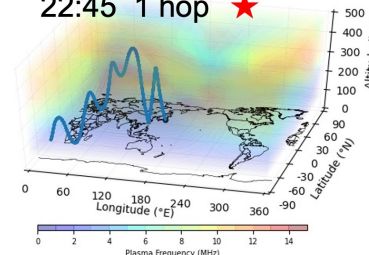
21:45 5 hops ★



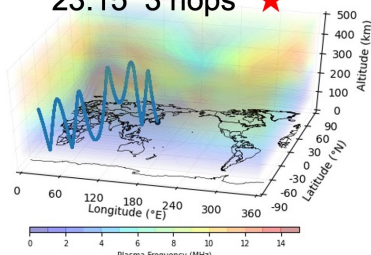
22:15 7 hops



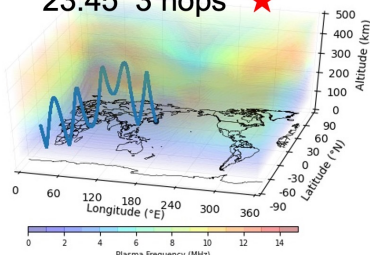
22:45 1 hop ★



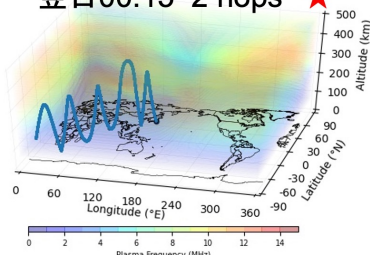
23:15 3 hops ★



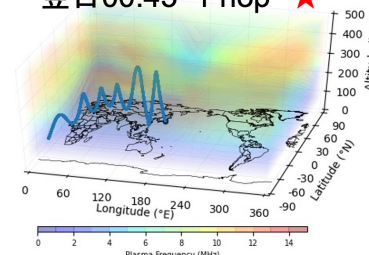
23:45 3 hops ★



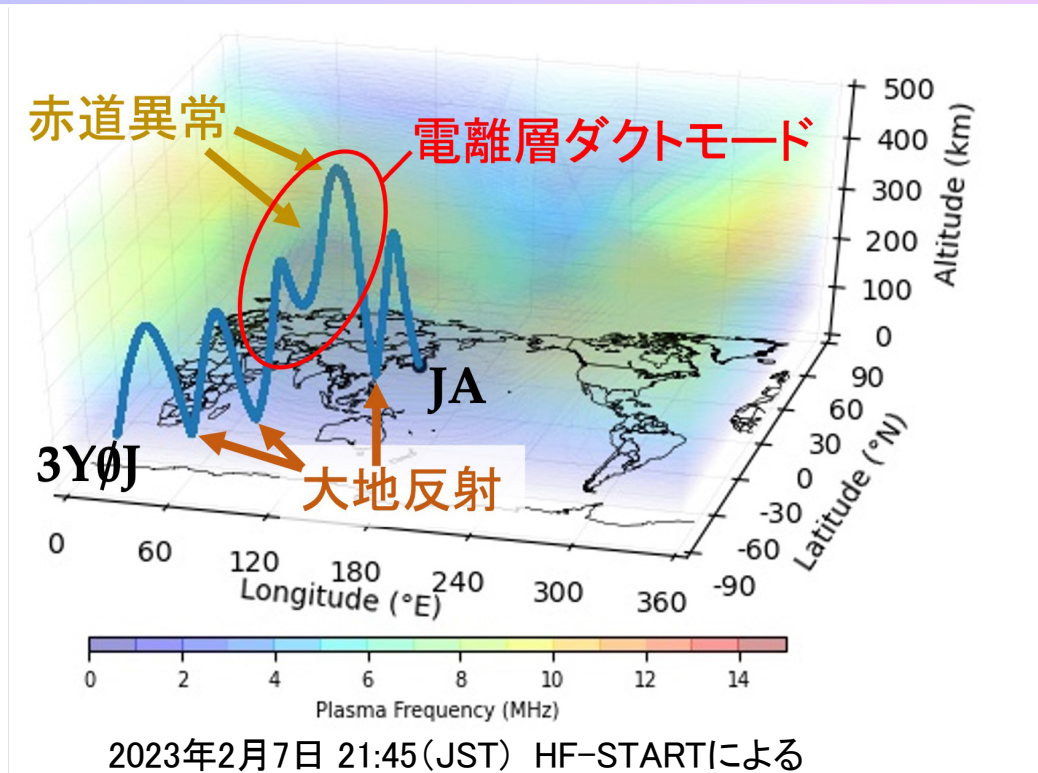
翌日00:15 2 hops ★



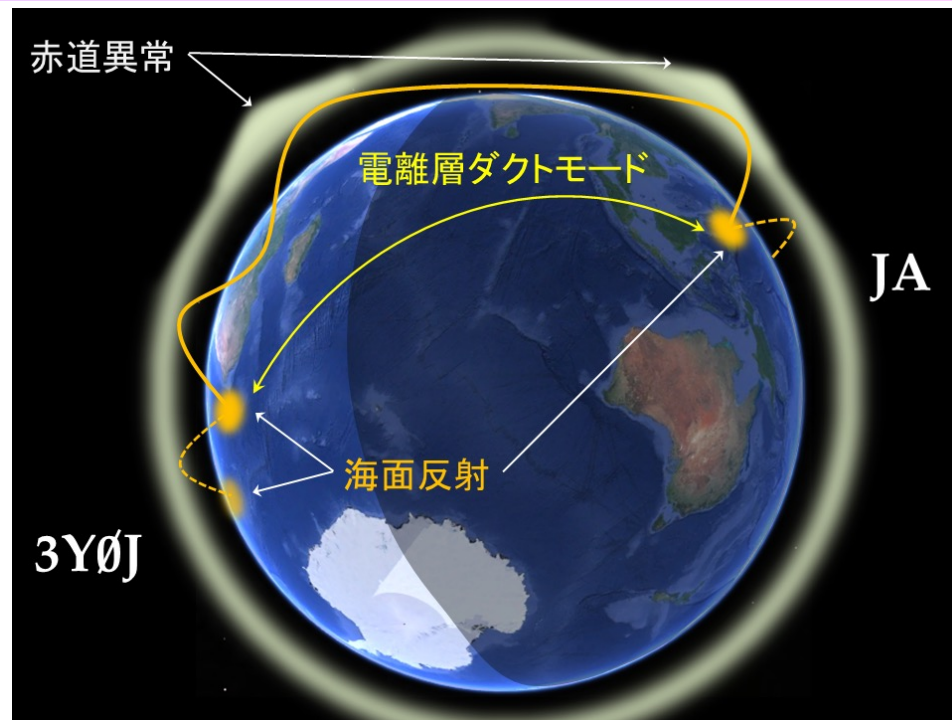
翌日00:45 1 hop ★



HF-STARTの結果から探る伝搬モード



2023年2月7日 21:45 (JST) HF-STARTによる
21MHz帯伝搬経路のエミュレーション結果



左図の結果からイメージしたブーベ島ー日本間電波伝搬の
全球俯瞰図 (Google Earth上に電離層と伝搬経路を追記)

3Y0Jの運用期間中、日本時間の夜間に電離層ダクトモードが頻発し、
18MHz帯・21MHz帯における日本のアマチュア無線家との交信数を増やす
要因の一つになったのではないかな？

本日の話題



- アマチュア無線とは？
- HF(短波)帯を用いた海外との交信(DX通信)
- HF帯DX通信で体験する電波伝搬
- 宇宙天気研究とアマチュア無線のコラボレーション

宇宙天気研究とアマチュア無線のコラボレーション



■アマチュア無線家の情熱

- 電波伝搬、電離圏、宇宙などに大なる好奇心を抱いている。
- アマチュア無線を通じて体験したことの科学を理解したい。

■宇宙天気研究者の現状（失礼ながら・・・）

- 電離圏伝搬を体験した宇宙天気研究者はほとんどいないのでは？
- アマチュア無線家が抱く宇宙天気の疑問にヒントを返してくれる場が少ない。



アマチュア無線家 と 宇宙天気専門家 を
もっとくっつけたい！

アマチュア無線をきっかけとして

宇宙天気分野を専攻する若い人が増えていくようになれば・・・

まとめ



アマチュア無線、特に『海外とのDX交信に夢中になるモチベーション』と、アマチュア無線家が普段から体験している『HF帯電波伝搬の実例』を紹介した。

- **宇宙天気**は、まだまだ多くの未解決問題に包まれた分野であり、今後も新たな研究成果がどんどん出てくるであろう。
- **アマチュア無線**は、HF通信を実体験できる特権を有しており、まさに「宇宙天気を肌で感じる趣味」。
- 電離圏伝搬の実体験を出発点として、**宇宙天気分野の専門家とアマチュア無線家の継続的な議論**が築ければうれしい。