

§ 4章 電離層生成時と崩壊時における前兆現象

電波の電離層反射現象は、1878年 B.Stewart 氏が地磁気の日変化から「地球の上層に電気を伝える層があるはず」との仮説論文が発表されたことに端を発し、1901年 Marconi が無線通信で実証し、アマチュア無線家による大西洋横断の遠距離到達が短波帯の実利する道を拓いたと言われる。そして 1925 年 E.v.Appleton や M.a.Banet が地上波と電離層反射の位相差からその高さが分かっている事の実証や電離層反射波と送信波の干渉パターンを調べ反射波の強度や偏波を調べた。

電離層生成は、太陽風(プロtons/コナ)による太陽磁力線と地球磁気圏との「せめぎ合いで電子化現象」の成果物である F 層(固定的な反射物でない)による電波反射現象を伴うと称される²⁵。

JT 技術書の解説書やマニュアル類は、JT65 受信波形は通常『土ボタル²⁶が 1 本の線』の理論的図形で表示されるが、実際の JT65 受信電波は、

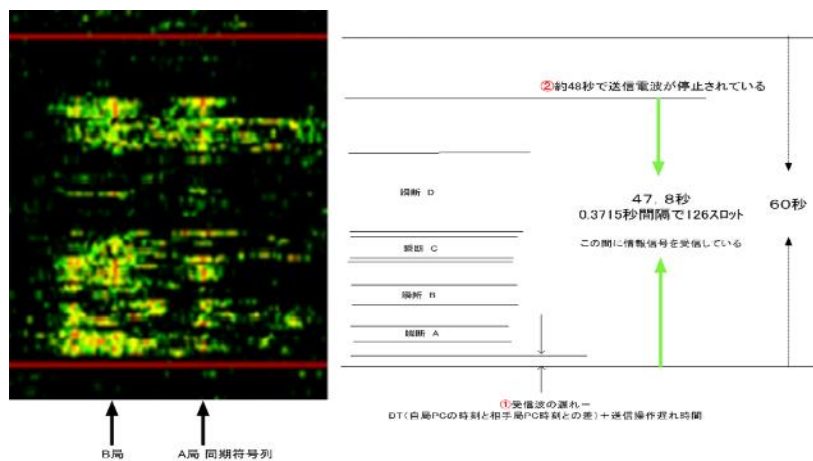


図 4.1 JT65 受信波形の特徴

図 4-1 のように電離層反射により受信波形は毀損している。ニューモードが混在する受信波の中から上図のように 47.8 秒間に複数回の瞬断を含み(伝搬上 瞬断 A,B,C,D が発生する)の波形となる。またこの受信波は、UTC0 秒から開始し、①と②から JT65 の受信波形である事で JT65 波形と断定できる。

そして、電離層反射現象は、入射角＝反射角の理論的反射説明を基本としても、受信の実際は電離層経過中の電波劣化(強弱、偏波、位相、雑音の重畳等の歪)を伴うので、受信は「鏡形体」と離れた肌感覚を覚える・・・デコード受信からは「反射」でなく「脈動する渦巻き型屈折反射」²⁷を想起させる。また思わぬ時間に 14MHz で「HF 帯にもダクト現象²⁸」に遭遇している。電波反射の動態ある姿が露呈した。

アマチュア無線家に等しく許されるのは、自分での独創を持てることだ。『自分のアイデアが独創的であればある程ワクワク感を覚える。そのアイデアが確固たるものとなって、その確認のため関連する文献を読みそれらを読み獲った時、普遍性を持ち確信が法則に変わる』²⁹自分の Call Sign が自分で命名権を得る。JA1KS 氏の“KS:キングソロモンの法則”は、我々に VHF 伝搬の興味を沸かせ、日夜天気図と睨めっこしてアンテナを廻したものだ。

今回の JT 技術も“K1JT 氏”によるところである。

JT65 のデコード技法は、伝送中の誤字訂正処理を含む「完全一致」でなりたっており、0 と 1 とで生成するビットコードが複製されればデコード出来たことになる。RTTY や PSK は「受信信双方の頭の解読能力」「連想能力」に依拠し、慣れによる[パターン認識]でなりたっている。

²⁵ 筆者は電離層形成が単に太陽光による照射とする一般書解説に違和感を感じる。北海道大学 日置氏による「太陽フレアに伴う電離層全電子数上昇の GPS 観測」に依拠する思考が HF 帯域短波帯にも見られるのではないかと思慮する。

²⁶ 筆者命名：NZ ワイトモ洞窟内のホテルに近似より。第 1 篇 58 頁脚注 11

²⁷ 参照：本篇第 3 章 20 頁「渦巻き型屈折反射」現象

²⁸ JT65A Decode Analysis Report A『HF 帯ダクト現象か?』第 1 篇 2 巻 4 126 頁

²⁹ 『読売新聞 2015/11/24 夕』「思いこみを捨てる」：千葉工大惑星探査研究センター 松井孝典所長

事例観測 1 : 電離層生成過程における 21MHz 狭帯域データ帯 JT65 信号受信状況

電離層による「電波反射メカニズム」を探究するに、電波特定 JT65 のデコード成否から考察を進めてきたが、これは目的が「アマチュア無線利用で交信が成立する」確率を浮かび上がらせるものであり、デコード成功率はどうも電波反射が安定期に入った暁の事象を見ているに過ぎない疑念を抱かせた。

よって、まず 21MHz 狭帯域データ通信を網羅的に約 2 時間の連続観察した。その過程で電離層生成メカニズムは、動的であり世の教科書的解説に載っていない容態を呈しておりそこからの「気づき」を記す。

観測バンドの『電離層生成過程における電波環境観測』は、本報告の「受信した JT65 電波のデコード率は、受信波が図 4-1 のような場合でも如何に歪んだ電波、不連続で断続的状态でも正しくデコード出来るかによる。電波型式により内在する符号訂正手段や長時間(複数回) 重畳による、また Deep Research 技法との比較より有用データの抽出等の内部要件によるデコードの向上策もあるが、断片・断続的にしろ電波が手元に届き受信機に入力されなければ始まらない。

また、如何に雑音や妨害電波からフィルターし（塵の中から宝を拾うようなもの）デコードまでに至らない電波でも「電離層反射のメカニズム」を示唆するものでないか？。デコード成否判断観測にあたっての電波環境を鳥瞰する。

バンド状況は、毎日、地球の自転に伴い電離層が生起する日出と日没時のグレーラインを狙った。

観測日 2015/12/13 22:00~2015/12/14 02:13(UTC)約 3 時間の連続記録：バンド (21076KHz)

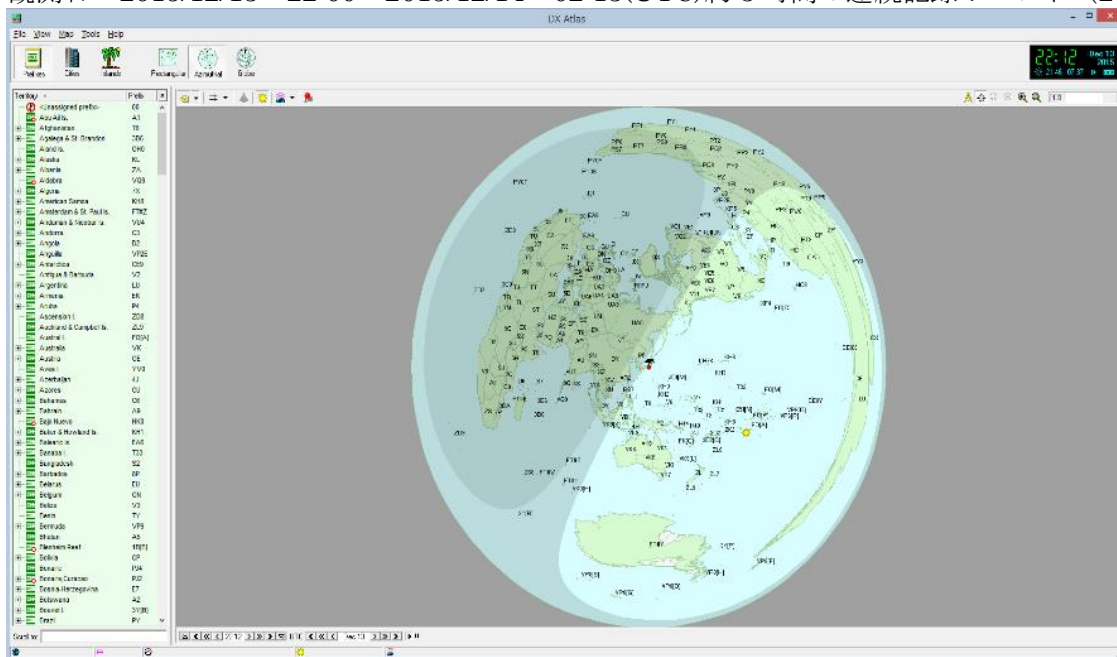


図 4-2 Altas 22:12 観測開始時のグレーラインの位置

① 観測開始時の状況 2015/12/13 22:00~22:08(UTC)のバンド状況 WF 画面

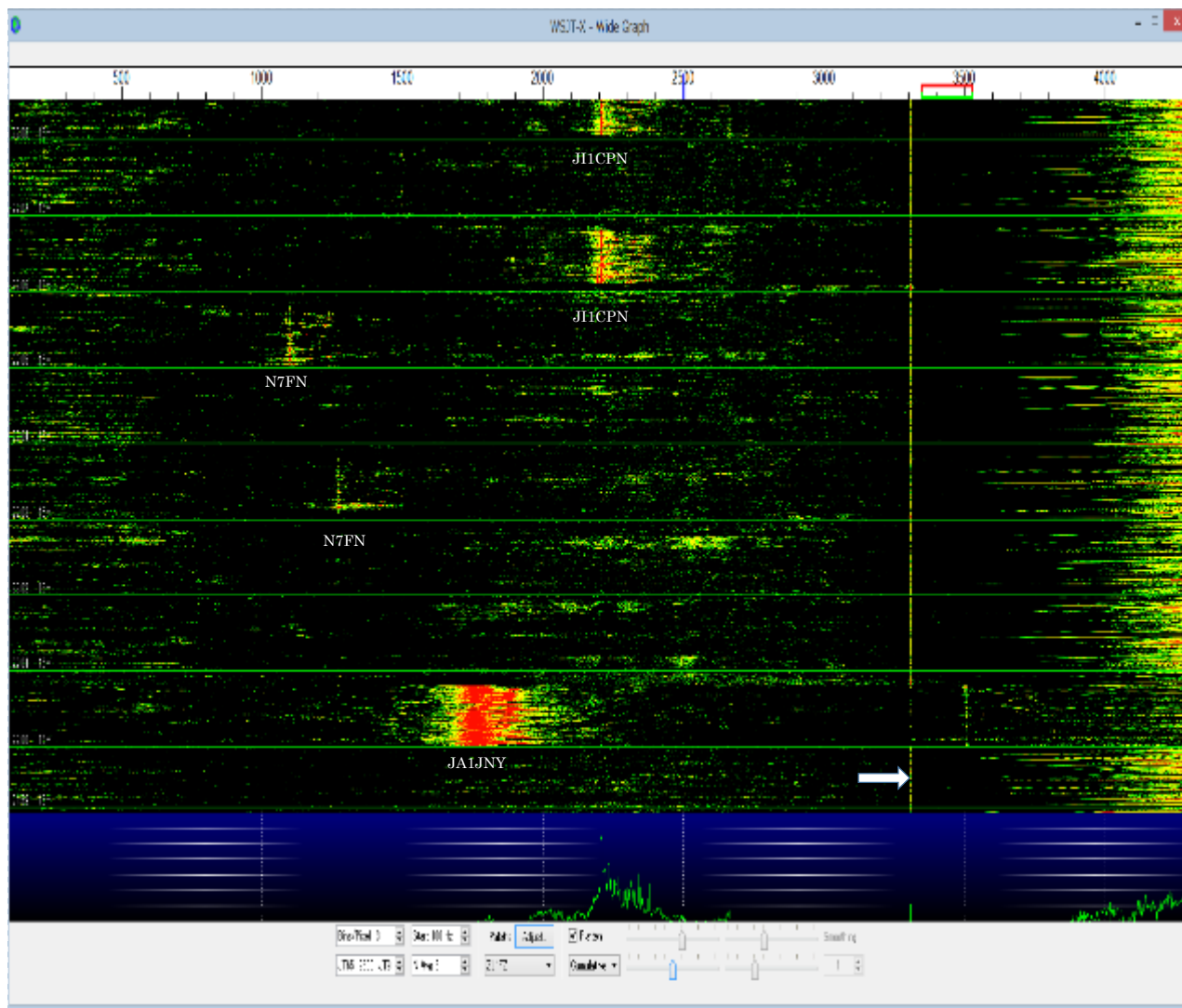


図 4-3 WF-2200 (注：以下掲載の WF 画像は、出来る限り微弱信号を受けるためノイズレベルを上げて撮影)

22:00 Freq=1753 で JA1JNY 局の CQ 受信 (WF 下から 2 段目：強い赤色部分) の記録から始まる。

日本は日の出を迎え、薄黒色の細い帯の端が日本上空からカナダ、北米方面及び南米は日没時間を迎えている。図 4-2WF-22:00 にあるようにバンドは死んでいる。がこの事³⁰を知見とする JA1CPN 局は、深遠の南米狙いであろうか?CQ を出しバンドのオープンを確かめるべき CQ を送出した。が、まだバンドは閑散とし、22:03 N7FN 局 Freq=1278 が 1 局のみ入感。22:05 は入感ありもデコード出来ず (図 4-4log1 参照)、その後 22:06 と 22:08 の JH1CPN 局の「CQ」が送出されている。その他の JT65 電波は確認されない。

日本時間の日の出時間、間もない時間であり電離層生成が初期段階で DX 目的までの電離層反射は起きていない (バンドは閑散としている)

※ ➡ は、23:00 頃から受信強度が下がり瞬断を繰り返す。00:14 以降は完全に入感しなくなる。
(電波発射局、電波型式は特定できないが、グレーライン上の方面の電波である)

³⁰ バンドは遠方地域から開ける。(入射角の小さい正常電離層反射の方がホップ数が少なく伝搬ロス・反射ロスが少ない) 偶然に日常生活時間もちょうど真逆生活でタイミングも良い。

② 22:08~22:17 の WF

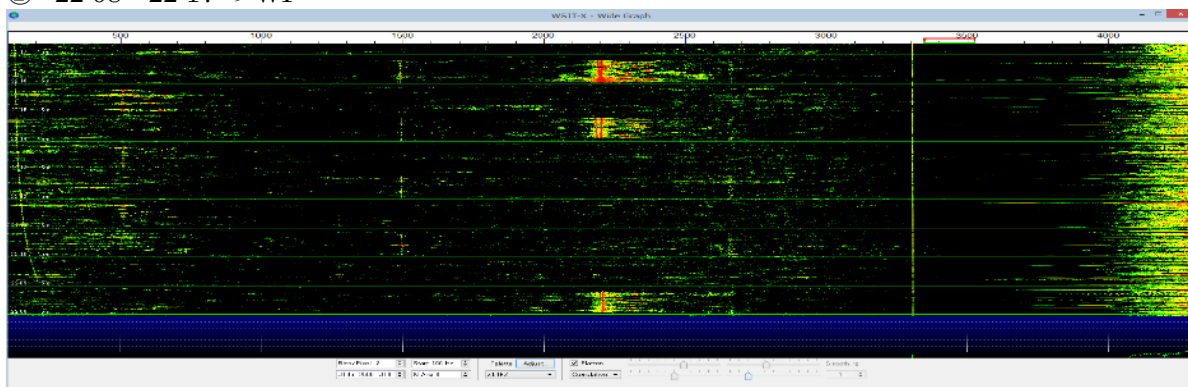
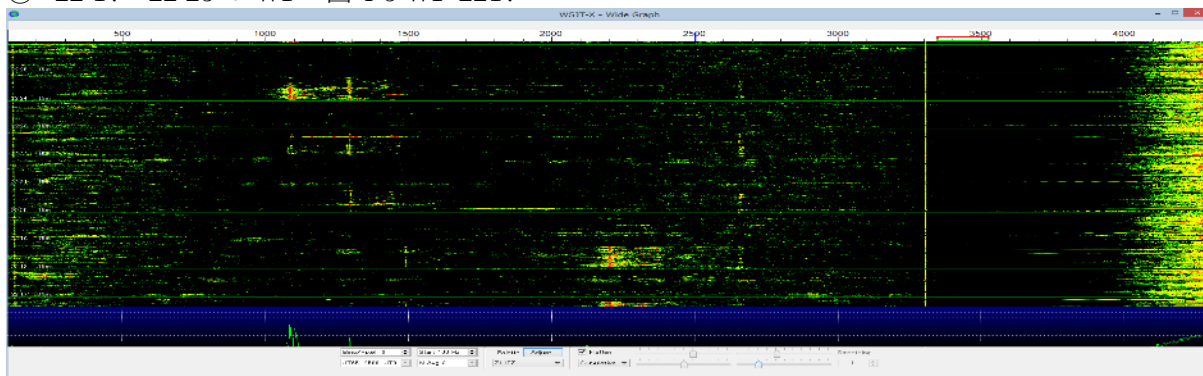
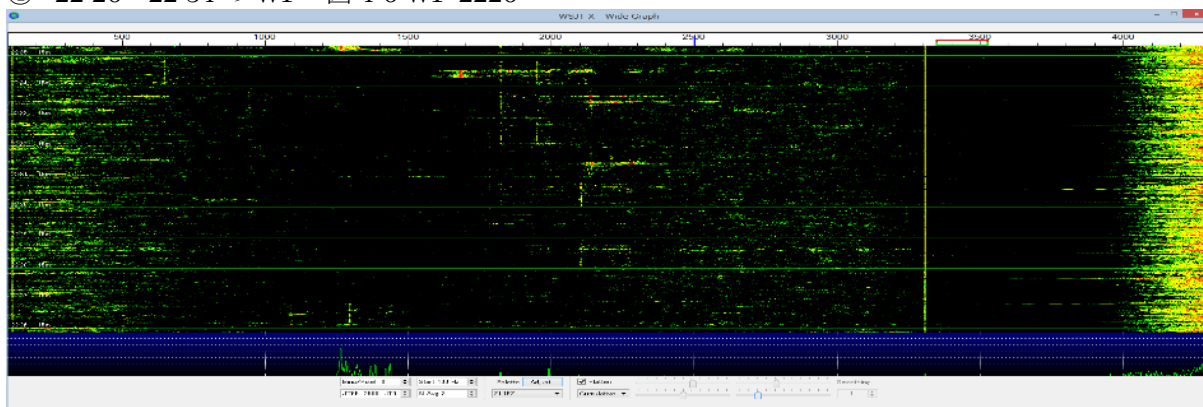


図 4-4 WF-2208 Freq=2654 JT9 の KB7DNG 局のみデコード可。
左端付近 Freq=509 に置いて N7FN 局は PY700 局と QSO に入っている。
＜デコード状況は、別紙 2 ＜参考資料②＞デコード結果 Lo 画面を参照ください＞

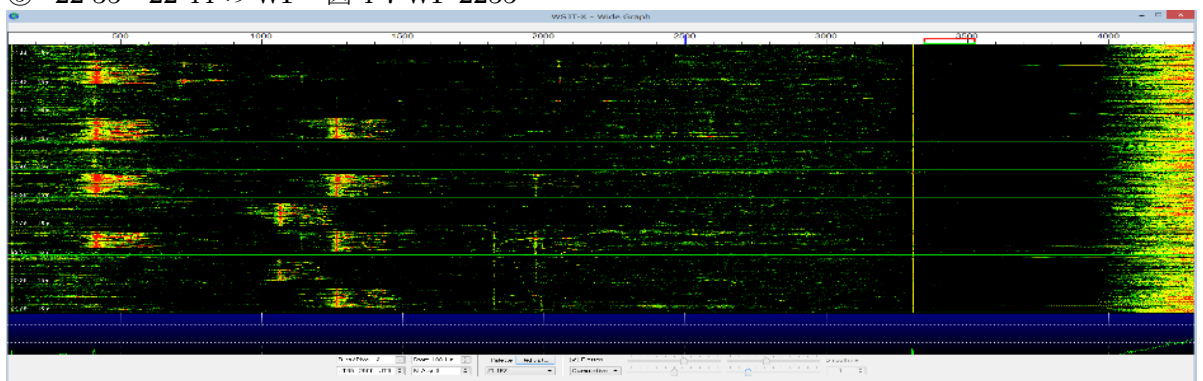
③ 22:17~22:25 の WF 図 4-5 WF-2217



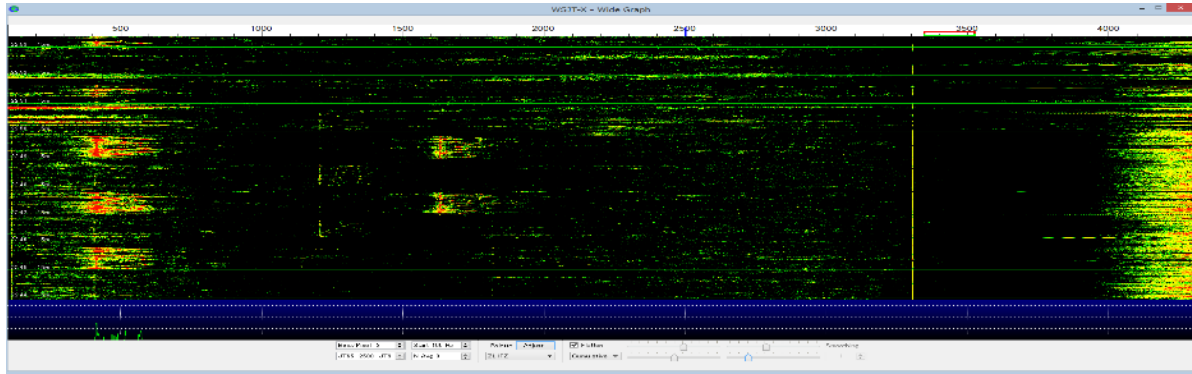
④ 22:26~22:34 の WF 図 4-6 WF-2226



⑤ 22:35~22:44 の WF 図 4-7 WF-2235



⑥ 22:44~22:53 の WF 図 4-8 WF-2244



⑦ 22:53~23:01 図 4-9 WF-2253

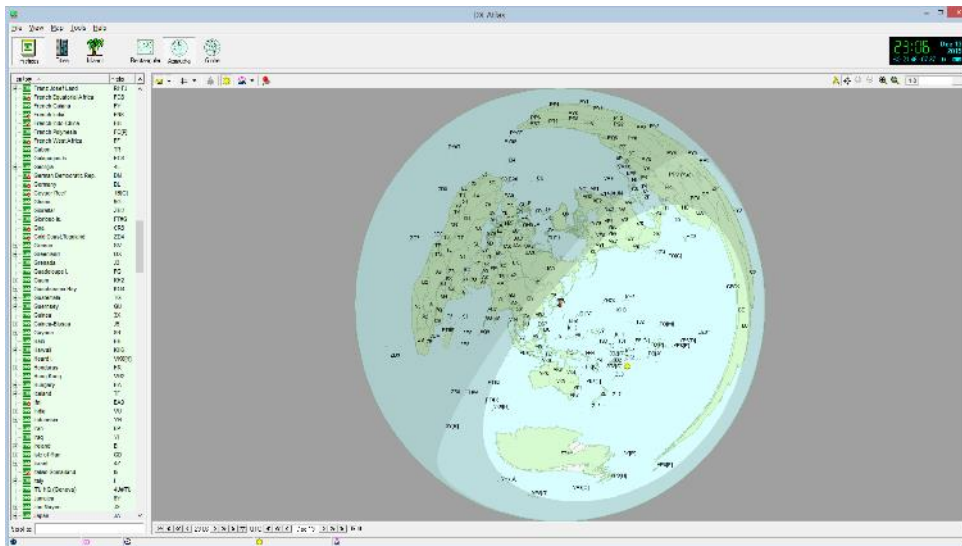
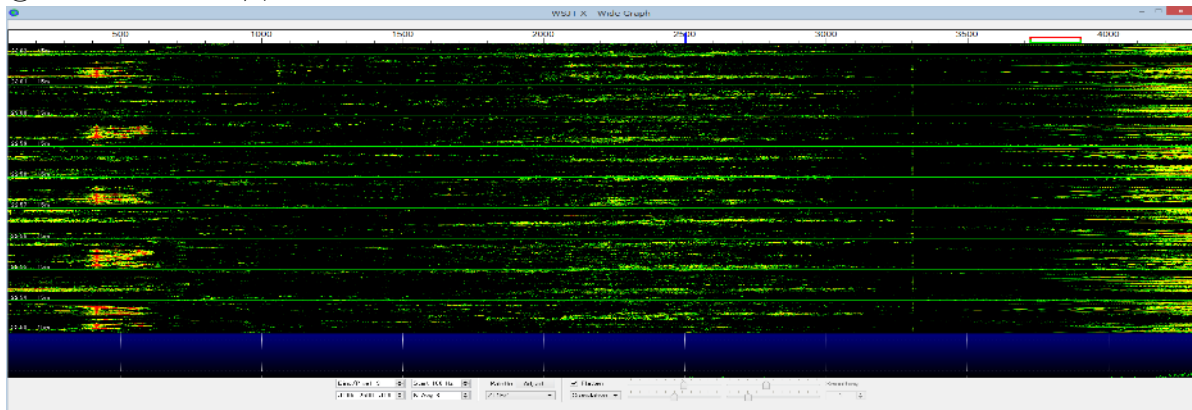
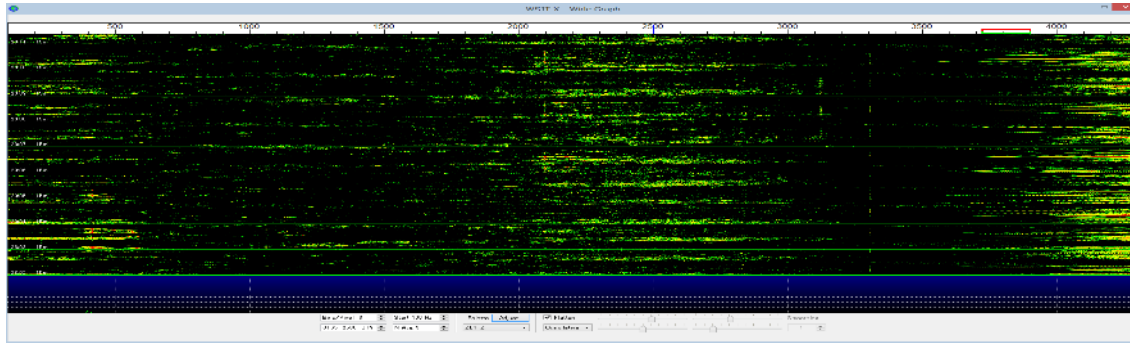


図 4-10 Altas 2306

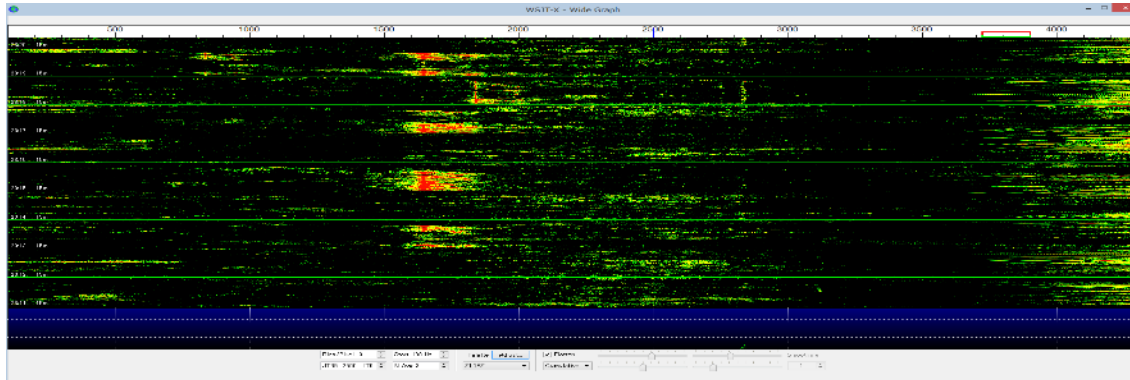
この時間帯の途中段階でのグレーラインを見る。観測開始より約 54 分経過しグレーラインの深遠部分の南米東方面は夜が一段と進んだのであろう。

日照地域が南米、北米東地区から徐々に中米地域へと移りつつある様子がわかる。この間、⑤、⑥に見られる Freq=413 PY4WL 局と RA0ZIJ 局、及び Freq=1265 JI1CPN 局の「CQ」には応答がみられない。この時間約 20 分後に南米地域が開いた事がわかる。その他 JT65 電波の散発するデコードはあるが QSO 交信に至っていない。デコードは WF にあるように約 4~5 分の Condex の継続が無いとシーケンス上交信成立しない（単発で 48 秒間のみではそのシーケンスは電波伝搬の証になり電離層生成の考察材料にはなるが、交信には至らない）⑦の様に日の出地域の移動とともにデコード域は閑散としてきた。

⑧ 23:02~23:10 の WF 図 4-11 WF-2302



⑨ 23:11~23:20 の WF 図 4-12 WF-2311



補↓ ※JT9の揺れ電波の発見 23:18 Freq=のみデコード可 (JT9の揺れは別途考察)

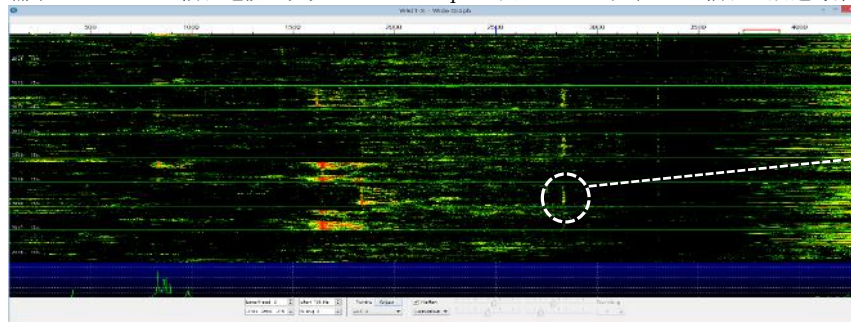
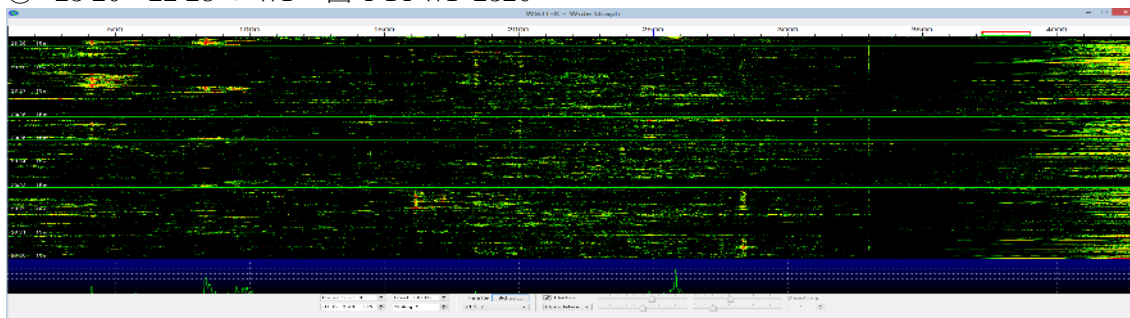
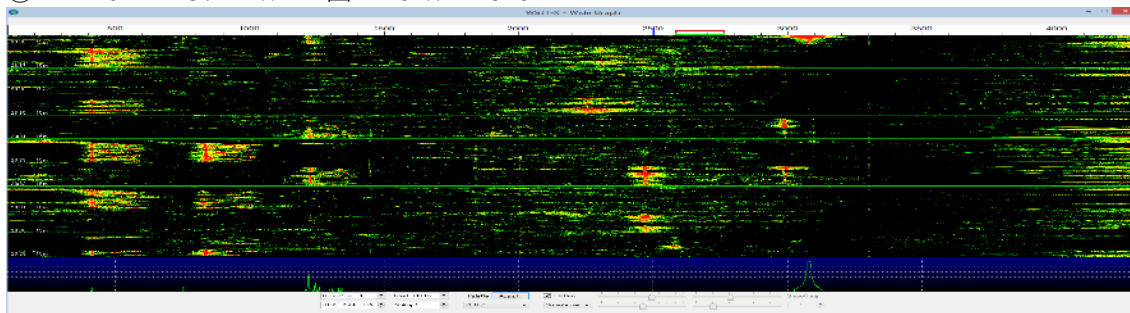


図 4-13 WF-2318

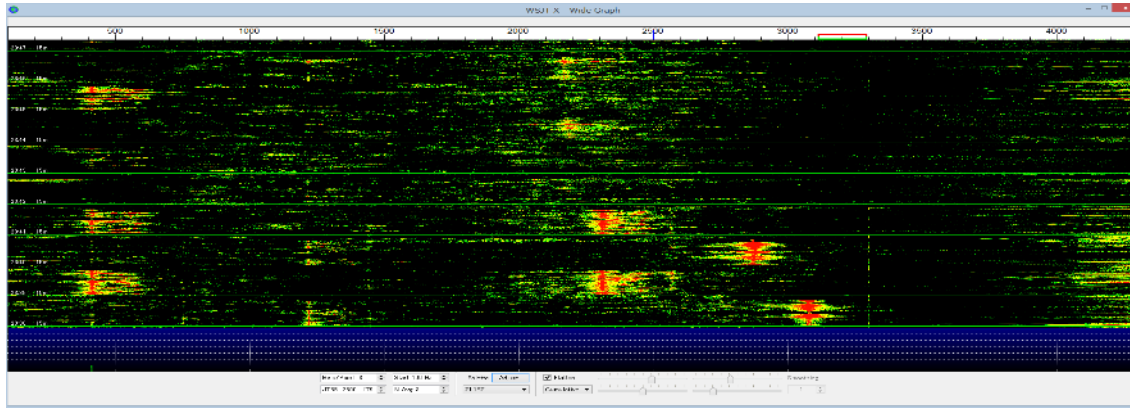
⑩ 23:20~22:28 の WF 図 4-14 WF-2320



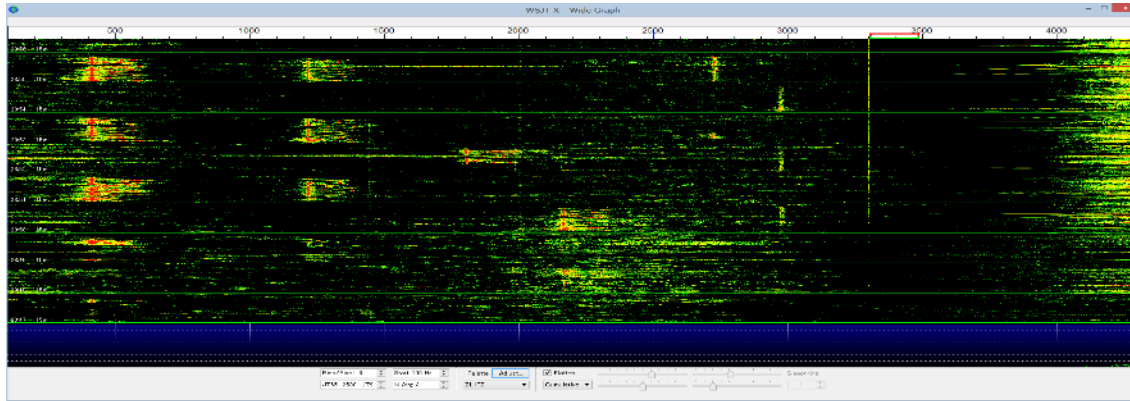
⑪ 22:29~22:37 の WF 図 4-15 WF-2329



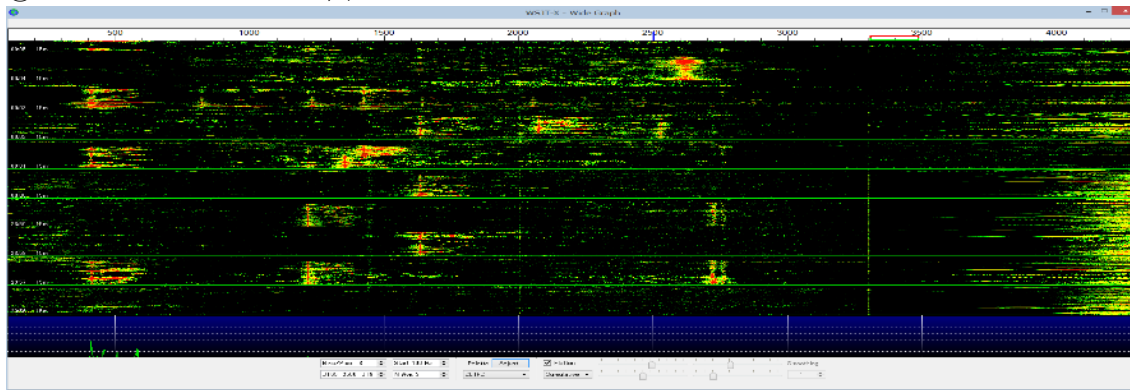
⑫ 23:38~23:46 の WF 図 4-16 WF-2338



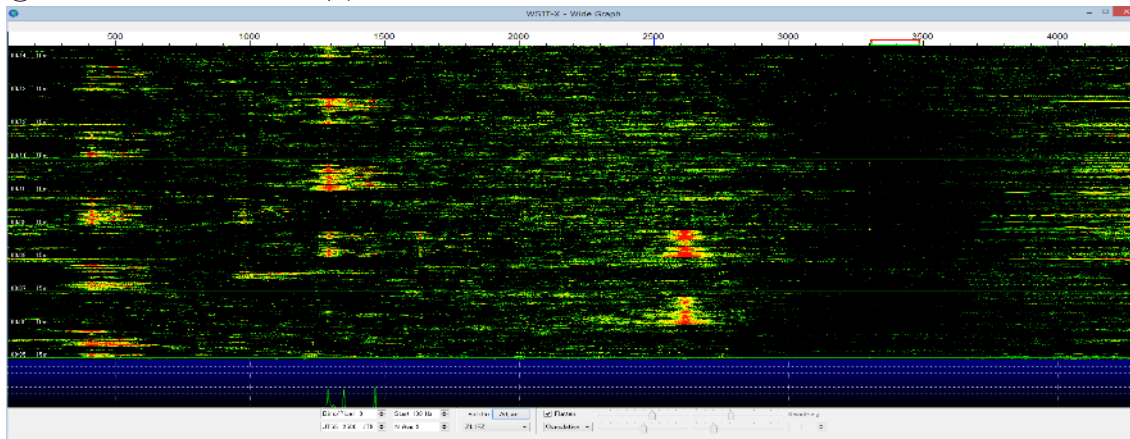
⑬ 23:47~23:55 の WF 図 4-17 WF-2347



⑭ 23:56~00:14 の WF 図 4-18 WF-2356

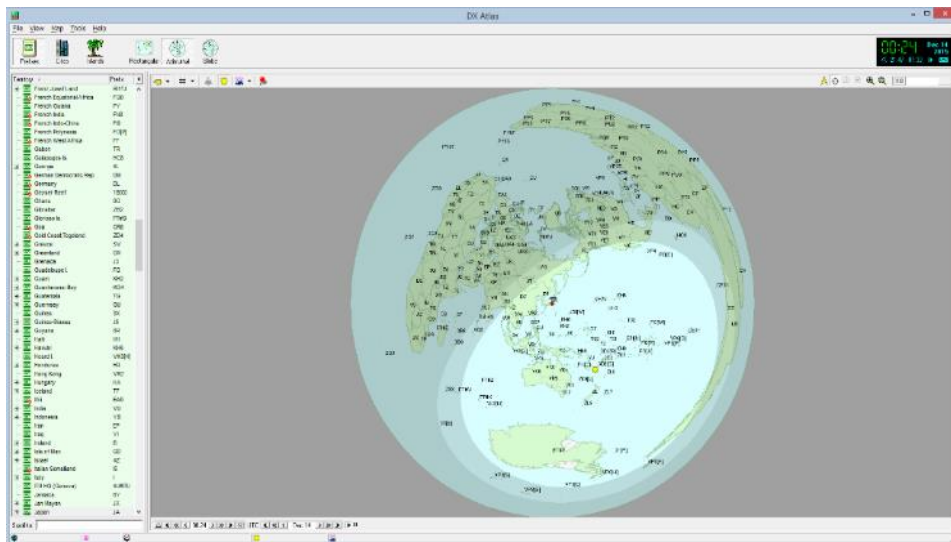
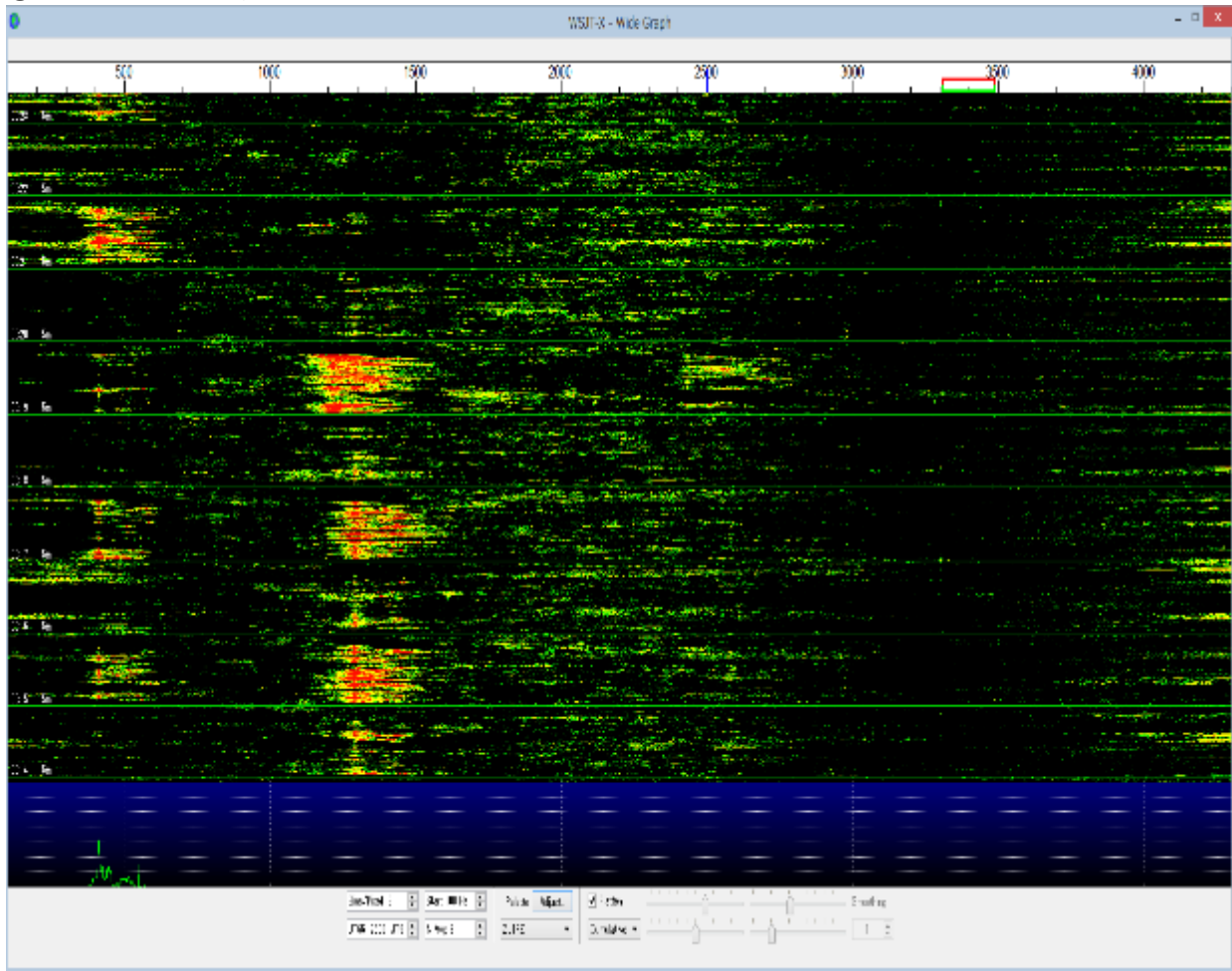


⑮ 00:14~00:23 の WF 図 4-19 WF-0014



そしてグレーライン帯における電離層生成段階の観察は終局を迎えた。

⑩ 00:23～00:34 ☒ 4-20WF-0023



グレーラインによる北
米ルートは終局を迎
え、太陽光は大洋州に
移り電波伝搬も追隨し
て大洋州局のデコード
が盛んになっている。

図 4-21 Altas0024

図 4-2WF-2200 ～ 図 4-19WF-0014 までの decode Log は、別紙参考資料②55 頁～56 頁に、また、その後の約 90 分後のバンド状況は 57 頁に記載。

グレーラインの移動イメージは、この Altas と Log を重ねて比較されれば分かりやすい。

この間の JT65 電波以外の全般的電波現象を記す。

JT65 デコード測定に直接関係ないと思われるが、このバンド全体の特殊な電波現象観察事項は、電離層生成および電離層による電波反射現象を解読するに材料提供となろう。

それぞれの現象を抽出する。

観察周波数は WSJT-X 表示の Freq=100Khz から Freq=4300KHz の範囲全体

- ① 図 4-2 WF-22:00 の右端 Freq=4300Khz 付近の散乱受信波形は、左端 Freq=100KHz 付近の受信波形と相似して、時間と共に緩やかに消滅している。
(よって直接的に受信機やソフト特性からの影響はないと考えられる)。
- ② Freq=3300 の直線受信波は、22:50 頃には (図 4-8 WF-2244) 受信強度が下がり始め、00:03 には消滅している。この間 JT65 受信波の強弱に比例しない断続的現象であり、日の出に伴うグレーライン上の影響は薄い徐々に衰退し、必ずしも北米グレーライン上に発射地点にあると断定できない。電波の種類と発射地点が特定できれば①に合わせ有用なヒントになるろう。
- ③ 受信個別波形からの指摘
グレーラインの日出時間(相手局側は日没時間)に沿って DXing 地域が移っているのが分かる。言うなれば太陽光による電子崩壊が裏付けされているが電波反射にみるその様相は複雑怪奇な容態変化である。電離層生成過程における外形的からの容態は
 - ・電波が直線ルートでの反射は少ない(対象相手は時々刻々替わる)。
 - ・電波反射は 1 分間以上は続かない、瞬間の現象が多発している。
 - ・直線ルートと思われない屈曲するルートがある。
 - ・電波の強弱や瞬断等の電波毀損度は激しい(デコードはほとんど困難)。

電離層形成面からの容態は

- ・デコード成否は、余り受信電波強度に相関しない。
- ・電波反射状態は、すごい流動的で一瞬たりとも定まっていない。
- ・次のシーケンスは再び同じ電波状態が想定されない。
- ・JT65 と思われる電波の約半数以上が(不完全反射で Sync が取れない)毀損状態である。

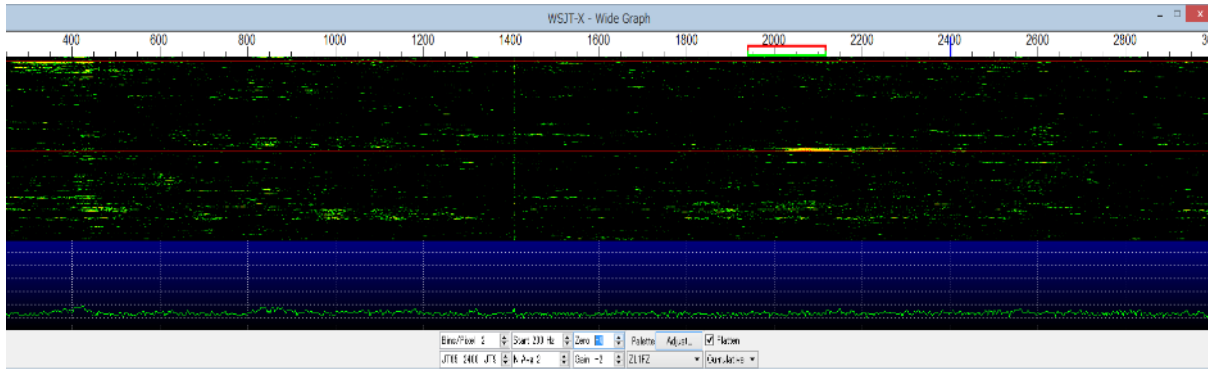
よって、「何か」が起きており、同一電波の多数局他地区同時受信により多面的な観測が有用と考える。

事例観測 2 : ◎10m のお空がが開ける Condex up 時の観測（電離層生成時の不思議）

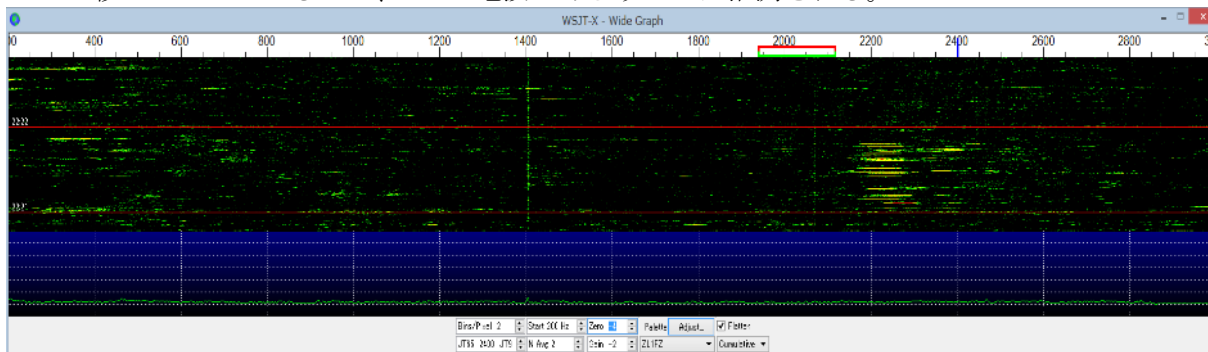
（仮説：電波生成時の前兆立ち上がりは急激(短時間)であるが、消滅時にみられる一旦出来上がった電離層の電子分離は順次緩やかに戻る。）

WF 絵でみる CondxUP 時の電離層生成期から CondexDown 消滅期における前兆ノイズの特徴

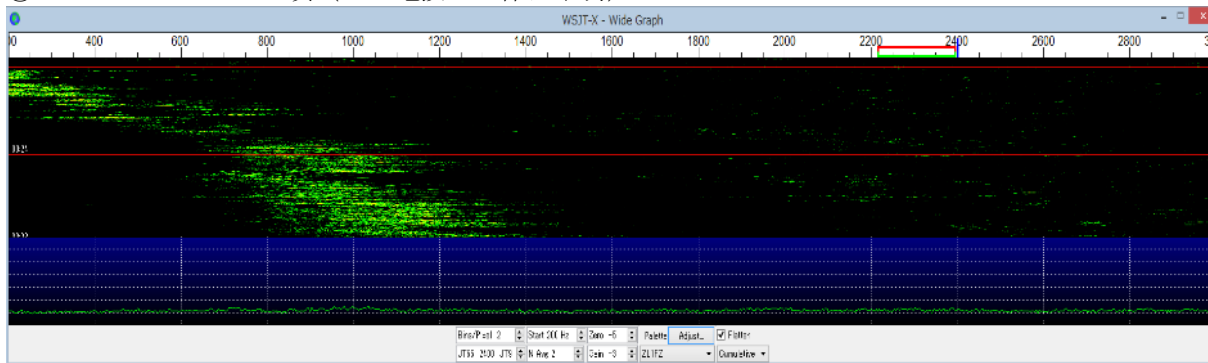
① 2015/11/2 21:30 頃 東の空は斜めの光が射し明るさ明るくなってきた↓ノイズばかりである。



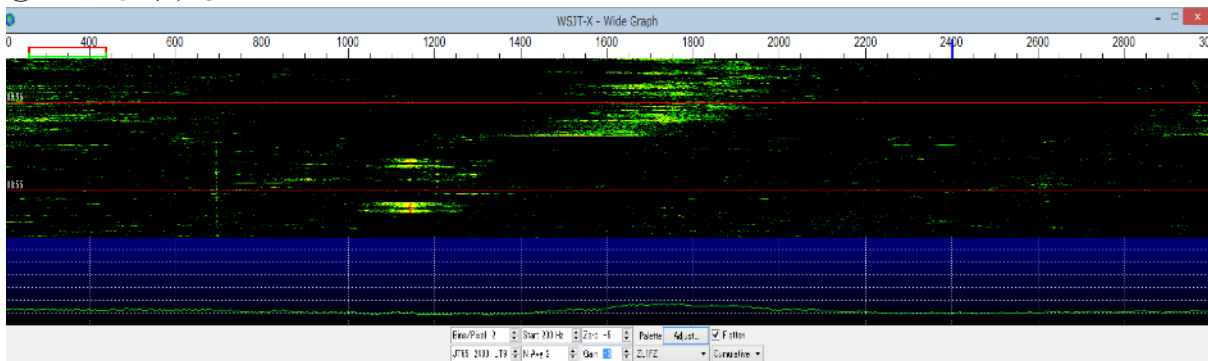
② 2015/10/2 22:00 頃、散発的にどこかの局の電波であろうが、散乱状態で↓信号にならない。
48 秒で止まっているので、JT65 電波であろうことは推測される。



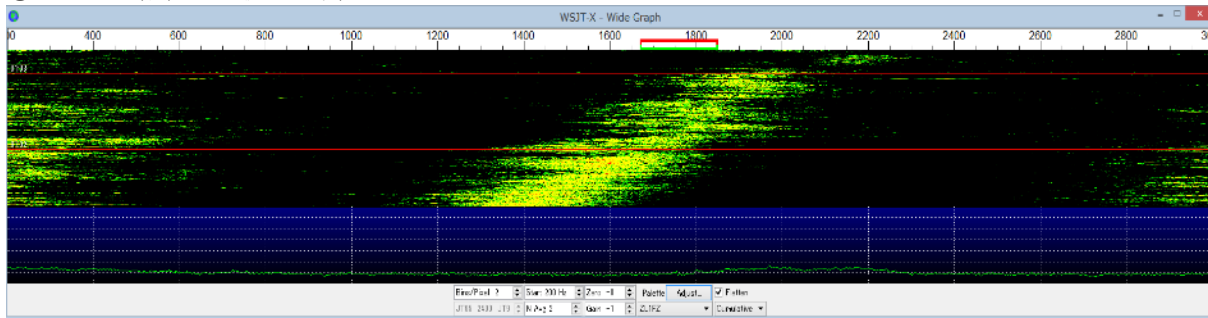
③ 2015/11.2 23:30 頃（この電波の正体は不明）



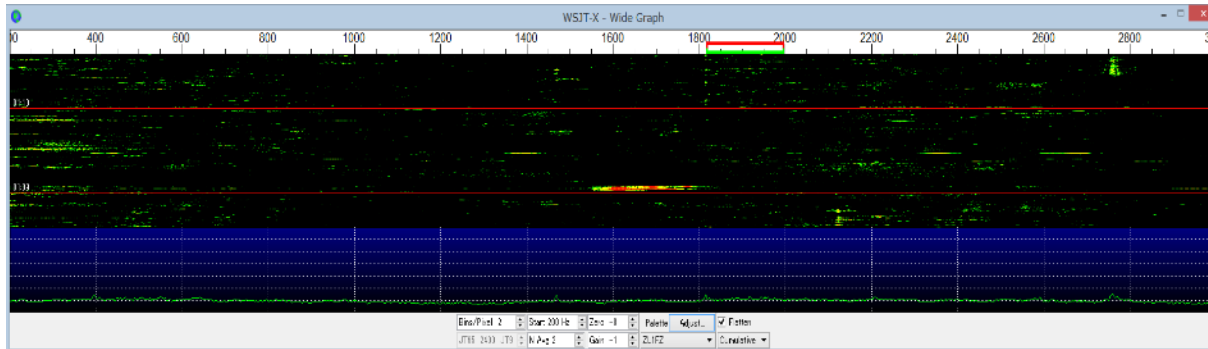
④ しばらくすると



⑤ そして雑音？の流れは鮮明に

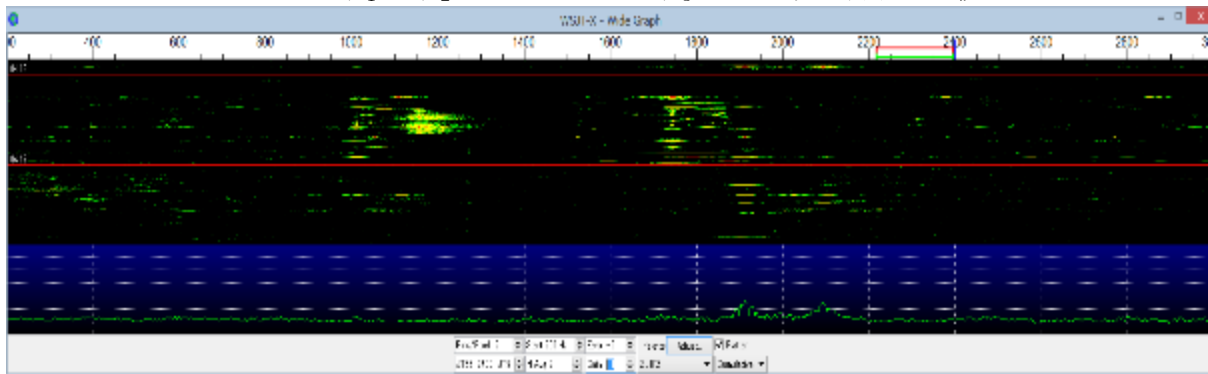


⑥ しばらくすると左右に流れた正体不明の電波移動がおさまると↓再び静寂な「お空」に戻る。



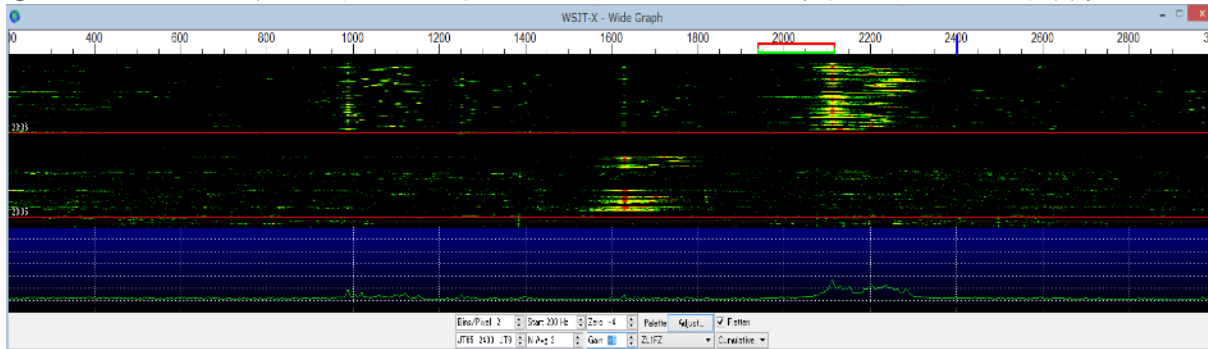
⑦ 2015/11/3 (信号の受信波形から3局とも電離層通過状態が異なっている事がわかる)

↓ 1 ↓ 2 ↓ 3 のように瞬断が連続している



00:11Z CO8LY がデコードされた。JA 局が呼んでも誰も返信できず。

⑨ 2015/11/3 00:45 頃 ↓ JT の信号 ↓ 強いが瞬断あり、相手局は JT65 乱舞状態



今朝は N3 局と JA1 局の 1 交信のみ成功。

CO8LY と N3RC 局の北米ルートは JA から見て遠距離遠方奥域から開ける。

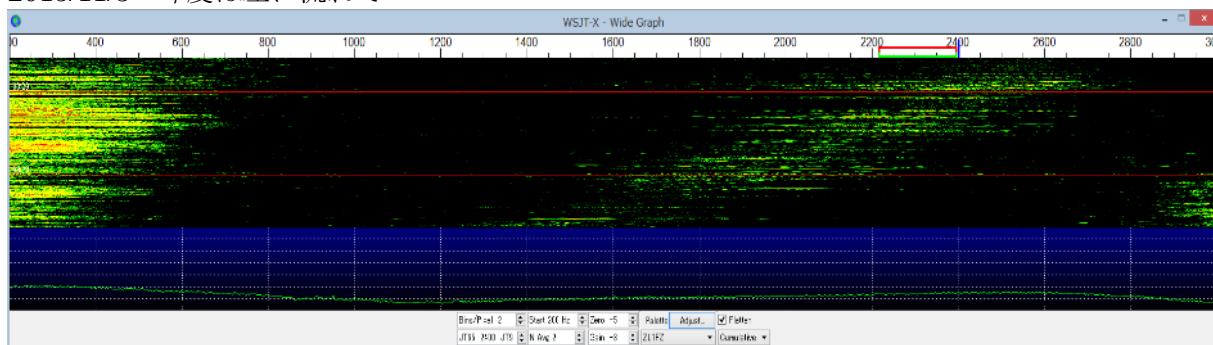
その後、北米ルートは消え。もう南へ(VR2、YB7)と移ってきている。

「太陽はもう斜め上から近隣の東壁を照らし」シャックからは、遠く丹波の山々がはっきり手に取り見られるようになってきた。

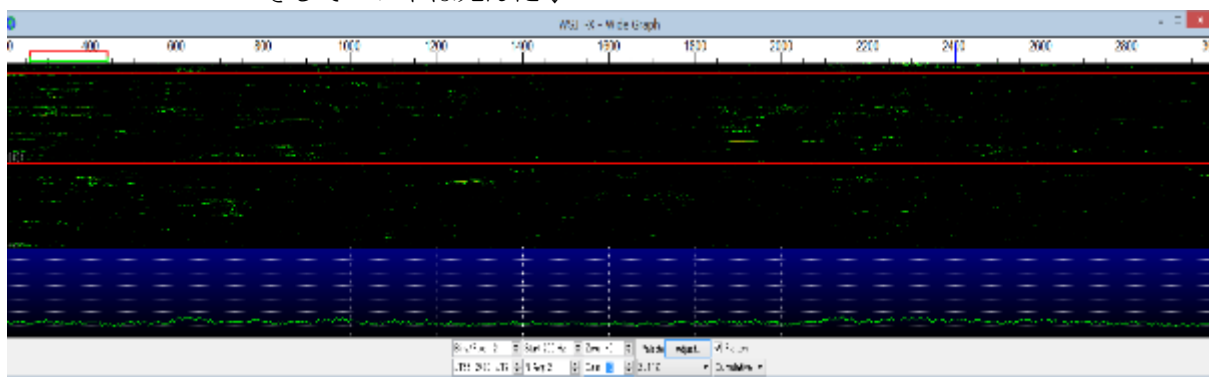
◎10m の「お空」が下る Condex Down 時の観測（電離層消滅時の現象）

① 15/11/3 受信信号 48 秒間が寸断の連続で、これでは SYNC が取れない

② 2015/11/3 今度は左に流れて



③ 2015/11/3 110m 01:00 頃
そしてバンドは死んだ↓



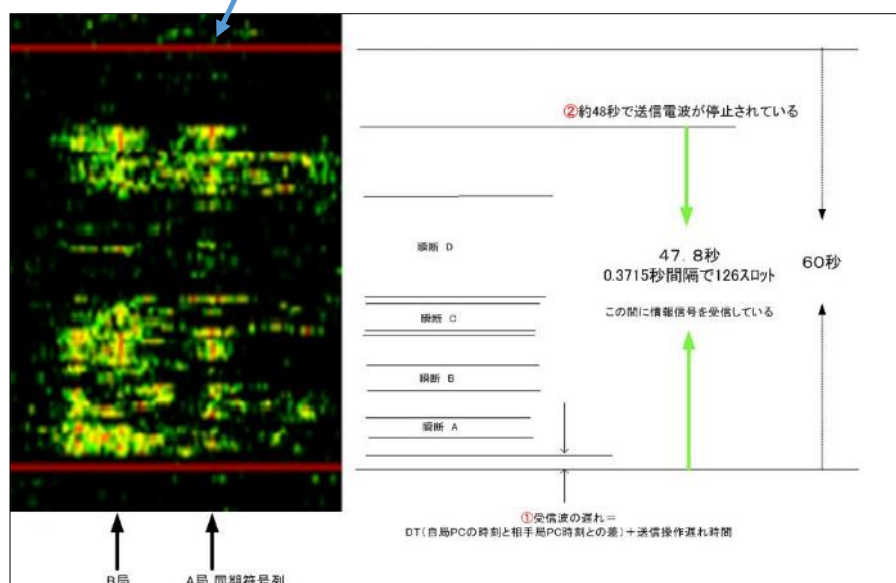
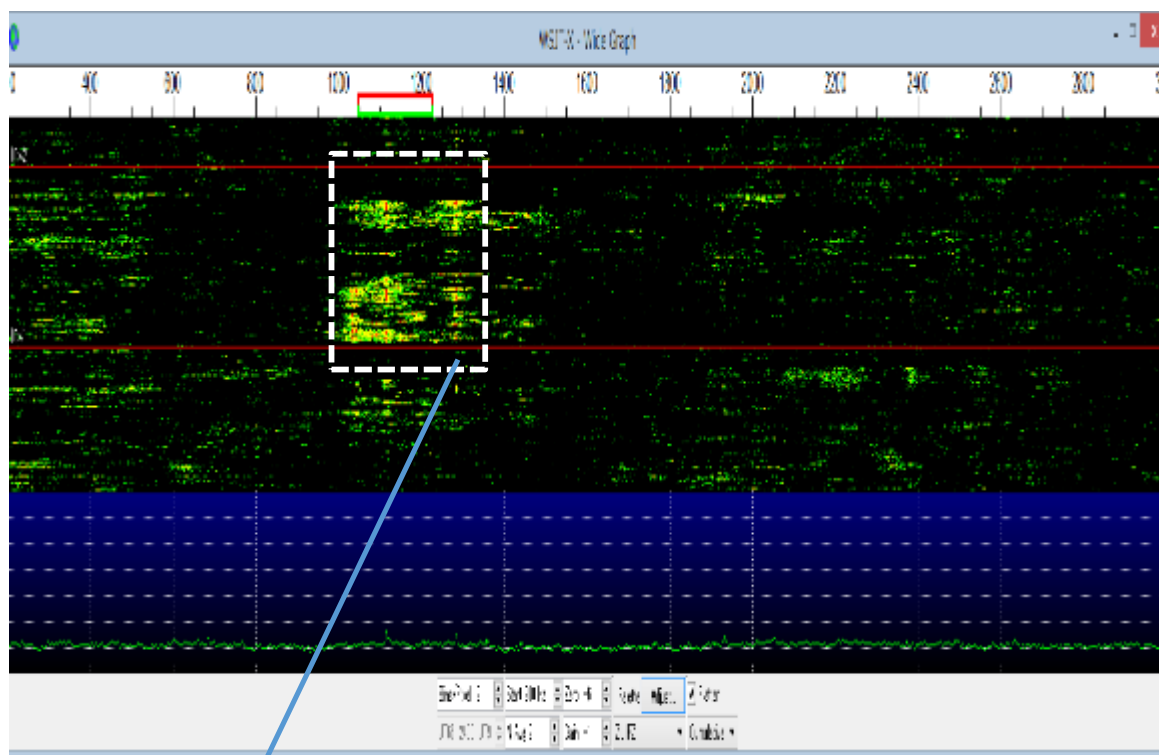
この兆候はどうも各バンド共通の現象を観測できる。
ノイズの大きさや、左右に流れる継続時間そして電波（人為的なものでないことは毎回繰り返さるる現象であるが周波数移動とは解せない。）そのものの正体を統計的データで分析・解明する必要がある。今は偶然であるか、測定技法が幼稚か自局の特殊事情なのかがわからない。「なんだか不思議な現象が DXing の前に兆候として表れる……」の印象である。

太陽黒点は『サイクル 24』の山から谷底に入る『ボトム期』に到来し、DX が全く楽しめない。
そんなので、より常日頃お世話になった自然が与えてくれた電離層の役割に感謝するため、より電離層のメカニズムを探究するに充分な絶好のチャンス到来であろう。

電離層の発見の元となった短波帯による大西洋横断のアマ無線家の探究心旺盛な QSO が偲ばれる。

事例観測 3 : 電離層反射の前兆現象を推考する

① 2015/11/25 01:25 21MHz 今朝の北中米ルートは開けず WF は↓



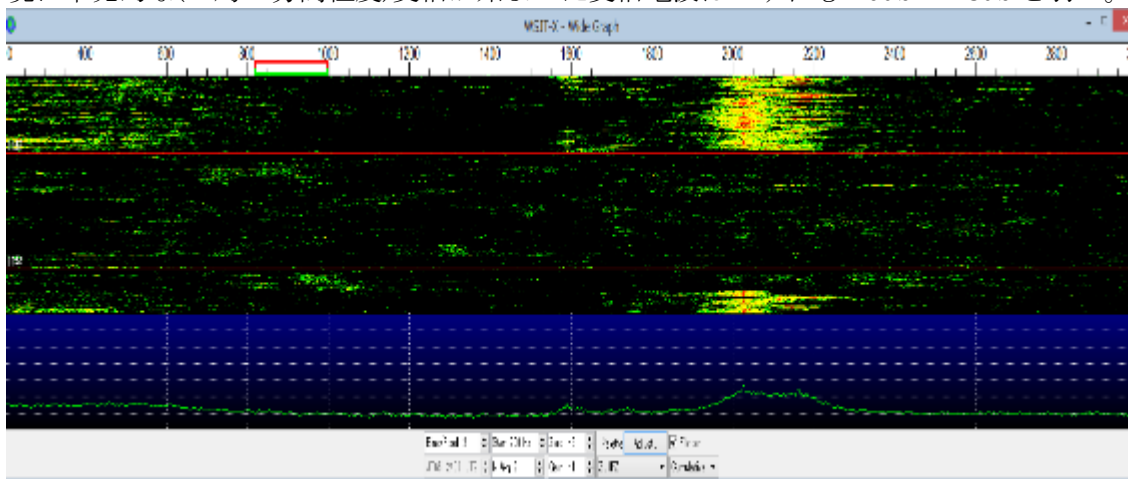
この時この局も入感はない（デコードされていない）の状態であったが、「ひょっとして極東・太平洋地域オープンの前兆か？」を予感したので、継続観察とした。

図4-1 再掲

受信波形から電波の瞬断が4回以上、且つ、瞬断Dは10秒以上と思われるほど毀損している。この受信波のデコードは不可である（表示窓には不表示）。発信しているのがどこの地域や局か定かでないが図のA局同期符号列信号が、UTC：0秒から発射され図中の①、約48秒で停止②、を繰り返す、DF約200Hz下の受信電波も②の停止している。

これらは①、②and 次の+1分間の①要件を満たし右側に散在する63ドットの情報信号が情報ドットとしてWFに表れているので、確実にJT65の電波であり、他の妨害電波とは峻別できる。

② その後、01:45Z 頃から WSJT-X で JT65 電波のデコードが可能となってきた。
 受信は 01:45 Freq=1038 JA8ABZ 局と Freq=1780 の JA1LBZ 局のデコードが始まった。この時間を境に単発的な(1 局/1 分間程度)受信が始まった受信電波はいずれも -10db~-18db と弱い。



01:45~02:16Z までのデコード記録

WSJT-X v1.5.0 by K1JT					Rx Frequency				
UTC	dB	DT	Freq	Message	UTC	dB	DT	Freq	Message
0145	-18	0.5	1038	# CQ JA8ABZ PM95 ~Japan	0145	-18	0.5	1038	# CQ JA8ABZ PM95
0145	-13	1.5	1780	# CX5BL JA1LBZ PM95					
0149	-13	0.7	590	# CQ BU2BV PL05 !Taiwan					
0149	-16	0.1	2027	# CQ JA1PVX PM95 ~Japan					
0153	-11	0.1	2026	# R9HAG JA1PVX -04					
0208	-11	1.1	1599	# E9DX JR6VDU PL36					
0212	-4	0.4	771	# TU FM JCC1012					
0212	-15	0.1	1264	# CQ JK1CYF PM95 ~Japan					
0214	-13	0.1	1265	# CQ JK1CYF PM95 ~Japan					
0214	-11	0.1	2136	# CQ VK6XT OF86 !Australia					
0215	-8	0.6	2136	# VK6XT YB7FH OI33					
0216	-14	0.1	1264	# CQ JK1CYF PM95 ~Japan					

02:16~02:30Z この様に太平洋地域の本格化オープンに推移し、VR2、VK、DU、RK9、BH 局の参加があり、そして南米 CX、LU、PR8 と JA の相互交信も見られるようになり「良 Condex」が続いていた。(片通行も所詮デコードがなければ呼べないのであり、Condex 上昇するまでよくあることで電離層反射のみならず、双方の設備条件相違で実際の交信成立となるかならないかは時の運に近い Hi)

もうこの段階になれば「土ボタル」は、縦型に綺麗な帰線が表示され JT65 デコードは通常安定状態となり QSO が楽しめる。

③ 事例 3 は 01:25~02:30Z までの連続状況観測の記録である。

WSJT-X v1.5.0 by K1JT									
Band Activity					Rx Frequency				
UTC	dB	DT	Freq	Message	UTC	dB	DT	Freq	Message
-----	-----	-----	-----	----- 15m					
0216	-14	0.1	1264	# CQ JK1CYF PM95 ~Japan	0145	-18	0.5	1038	# CQ JA8ABZ PM95
-----	-----	-----	-----	----- 15m					
0218	-1	2.3	1780	# CQ RK9UJS NO33 !AS Russia					
-----	-----	-----	-----	----- 15m					
0219	-1	0.0	1779	# RK9UJS JR10PO PM95					
-----	-----	-----	-----	----- 15m					
0220	-1	0.5	1776	# JR10PO RK9UJS -17					
-----	-----	-----	-----	----- 15m					
0222	-3	0.6	1774	# JR10PO EQSL73					
0222	-1	0.1	2136	# JA3CG VK6XT R-08					
-----	-----	-----	-----	----- 15m					
0223	-1	-0.1	1773	# RK9UJS JR10PO 73					
-----	-----	-----	-----	----- 15m					
0224	-5	0.6	1772	# CQ RK9UJS NO33 !AS Russia					
0224	-4	0.1	2136	# JA3CG VK6XT R-08					
-----	-----	-----	-----	----- 15m					
0226	-5	0.6	1771	# CQ RK9UJS NO33 !AS Russia					
0226	-1	-0.0	2004	# YB7FH JR10PO PM95					
-----	-----	-----	-----	----- 15m					
0227	-1	0.1	566	# JE2TLZ VR2XSC -01					
-----	-----	-----	-----	----- 15m					
0228	-7	1.0	775	# JH2WDT DU1JM PK03					
0228	-7	0.0	1407	# CX8ABF JR10PO PM95					
-----	-----	-----	-----	----- 15m					
0229	-10	0.1	566	# JE2TLZ VR2XSC RR73					
-----	-----	-----	-----	----- 15m					
0230	-6	0.7	775	# JH2WDT DU1JM R-10					

このように RK9,YB7,VR2,DU など極東地域に移ってきている。03:17 現在「良 Condex」が続いて、そしてヨーロッパ地域のオープンへとつながった。

よって、この 3 事例から、受信電波がデコードされ QSO が可能となる前は「竜巻型うねり雑音ノイズが映し出され」その後、瞬断の多い歪ある受信波形そして安定的デコード状態に入っている。この一連の資料は「お空」がオープンし電離層反射による交信可能の前兆現象と認められる。 Condex がダウンする段階で見られる崩壊時現象も左右の流は別であるが受信波形状態は同様であり、電離層反射現象の生成・崩壊の特徴から推理される容態は同一と思われる。前兆・崩壊現象と断定できるだけの観測母数を収集する必要があるが、電離層生成の過程での洞察断面として有用な視点でないか。

また、JT9 と CMSK、PACTOR 等を各地で同時発信しそれを多数局が同時受信体制をとれば興味湧く結果がえられるのではないと思われる。それは①雷やインバーターなど雑音による波形の乱れの耐性、②CMSK8 の場合約 4Hz、JT9 の場合 15.6Hz の周波数を利用しているので、電離層の変化や移動式の反射に伴うドプラー効果、位相の変化がエラーの原因でデコード率を下げる、③電離層影響の少ない精密な周波数情報の伝送に利用が広がりつつある・・・に注視してゆきたい。