

# 160mバンドのプロパゲーション

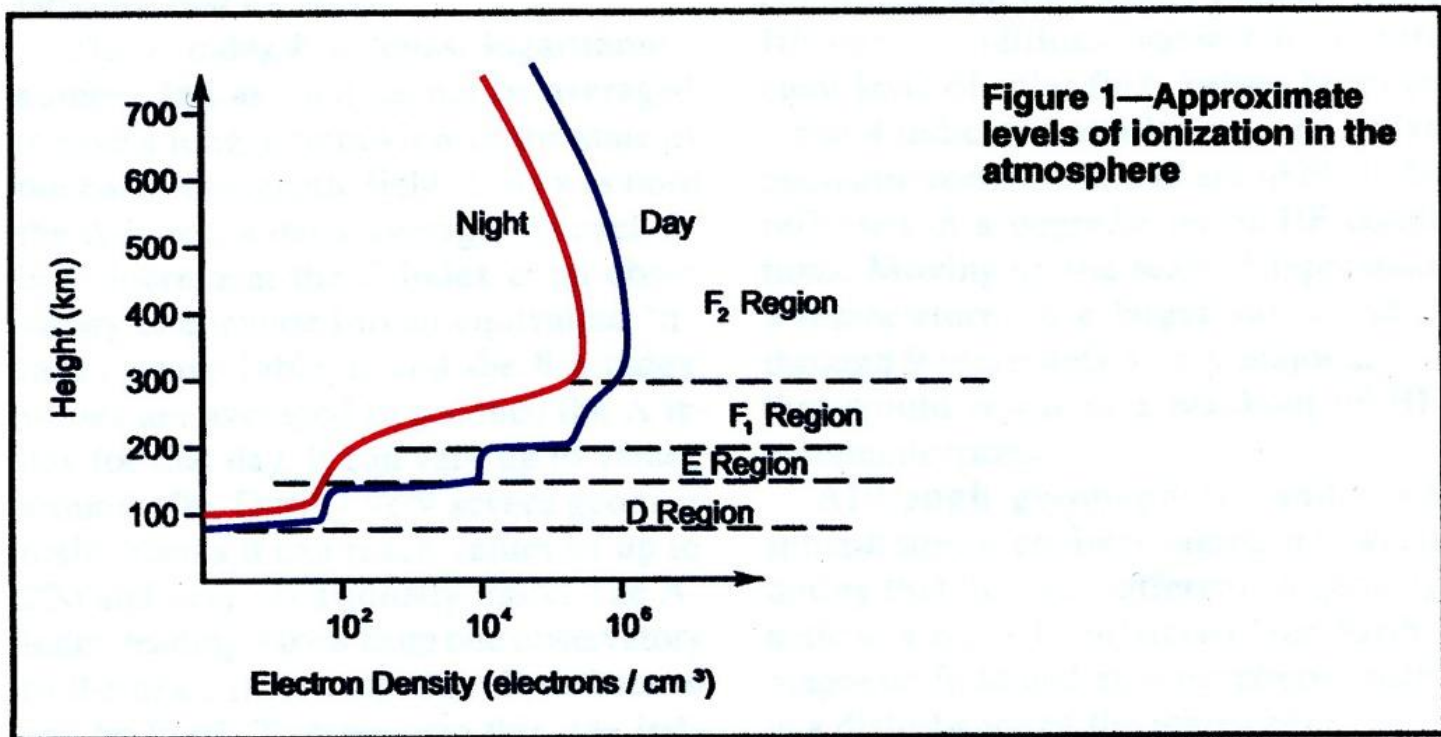
JA1DUH 野口尚孝



# 1. HF帯DXの条件

## 電離層の構造

電離した大気粒子(プラズマ圏)の密度の不均一分布による「層」の形成



# 1. HF帯DXの条件

## 電離層でのHF帯の挙動

周波数が高くなるほど電離層の影響を受けにくくなる

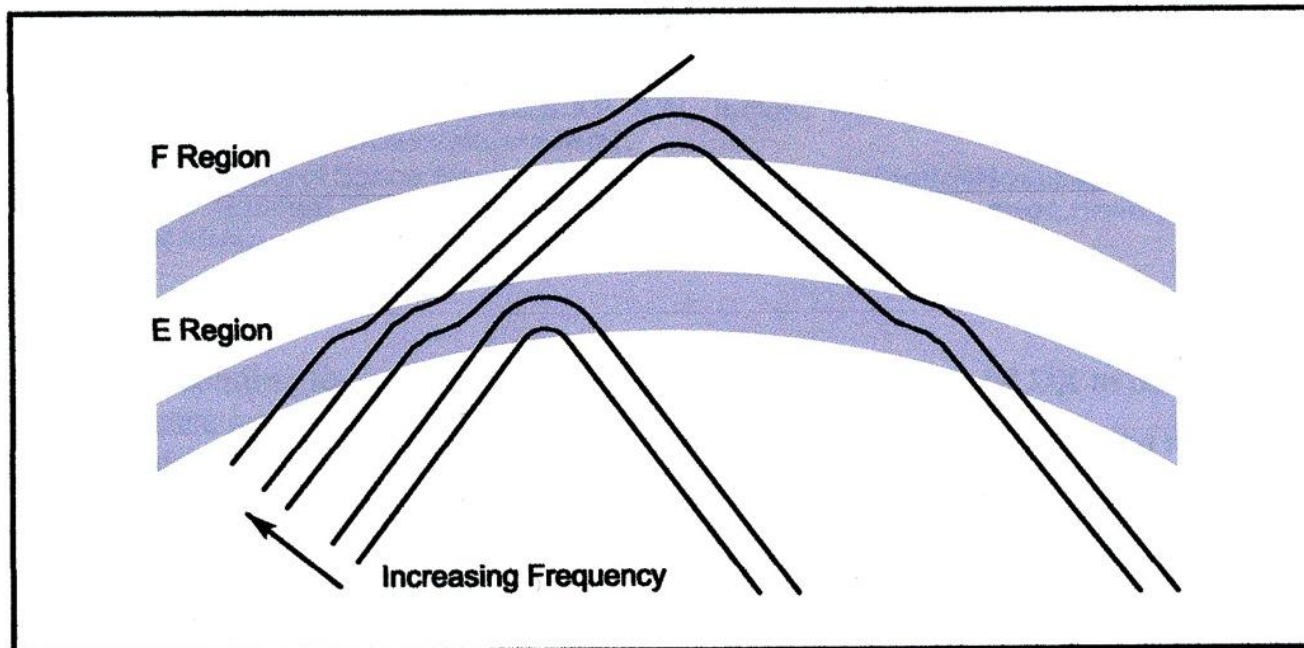


Figure 2—Signals traveling through the ionosphere will be refracted and may be returned to Earth.

(QST Sep. 2002 のG3YWXの記事より転載)

## 2. 160m DXの基本条件

1. D, E層での減衰が少ないこと
  - ❖ 伝搬ルートでD, E層が減少する夜間時間帯であること
  - ❖ 夜間時間が長く持続しE層の影響(D層は日没時に消滅)が少なくなる季節(北半球では10月～2月)
  - ❖ 太陽活動レベルが低く地磁気変化が安定しているとき
  - ❖ 電離層のTurbulenceによるグレーラインパス(相手か自分あるいは双方がSR timeかSS timeであるとき)が効く時間帯
2. ノイズ(人工ノイズや雷など)が少ないこと(受信専用アンテナが必要)
3. バンドのアクティビティーがあること(QRVしている相手がいること)

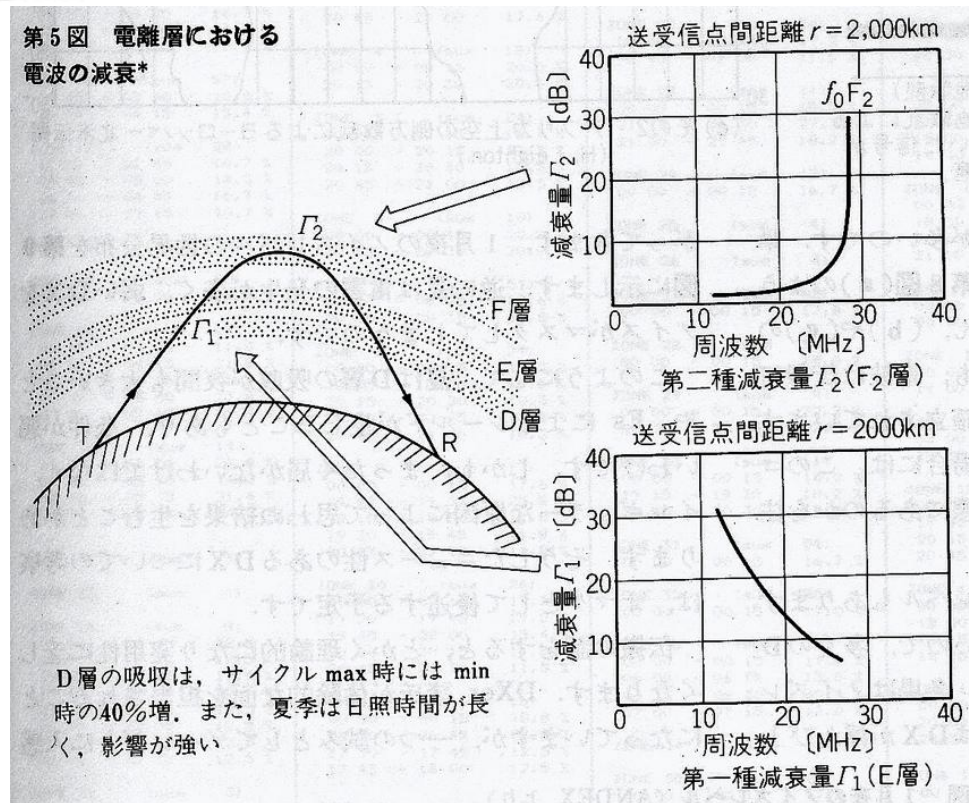
# 3. 160m伝搬のメカニズム

## E層とF層の影響

E層通過の際の吸収による減衰を第1種減衰と呼び、周波数が高くなるほど小さくなる。

F層での反射による減衰は第2種減衰と呼び、周波数が高くなるほど大きくなる ( $MUF=f_0F\sec\theta$  より高い周波数では突き抜ける)。

送受信地点から2000Km付近の上空での電離層状態(コントロールポイント)が伝搬のキーとなる。



(ハムジャーナル No.39, 1984 白石健一氏の記事より)

# 3. 160m伝搬のメカニズム

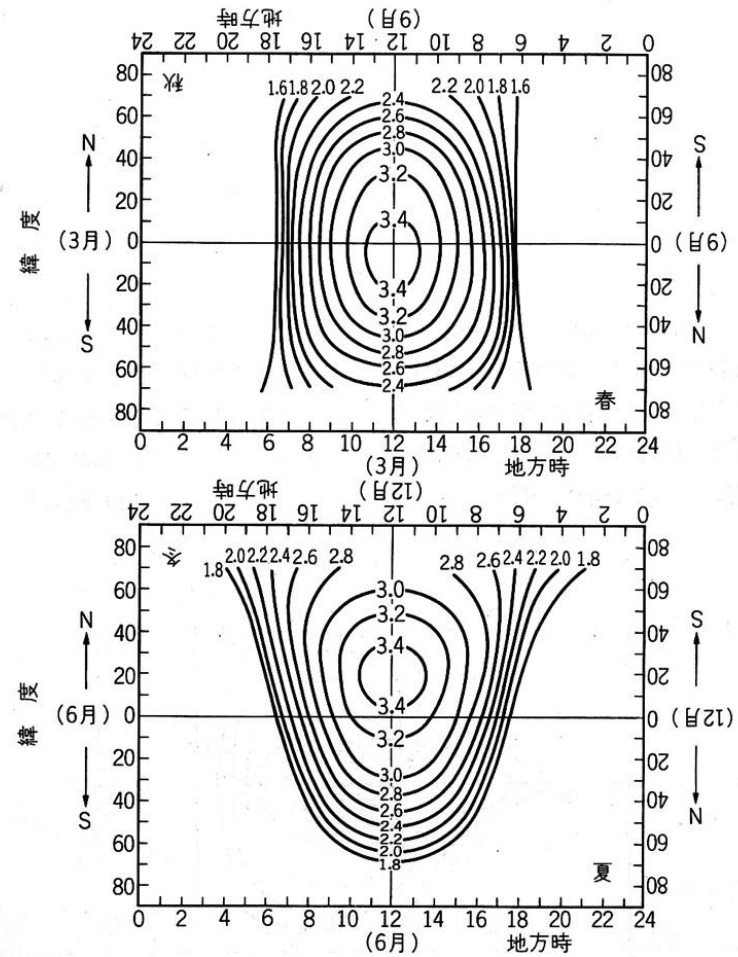
## E層の分布

E層は、一日における太陽の位置に対応して密度が変化する。

$f_0E$  (E層臨界周波数)の日変化は春と秋では北半球・南半球ほとんど同じ日変化をするが、冬と夏では逆の変化をする。

冬期日本の北緯35度付近では、朝の5時頃に $f_0E$ が1.8Mhz以上となり夕方19時頃に1.8Mhz以下におちる。

(CQ出版 電波伝搬ハンドブックより)

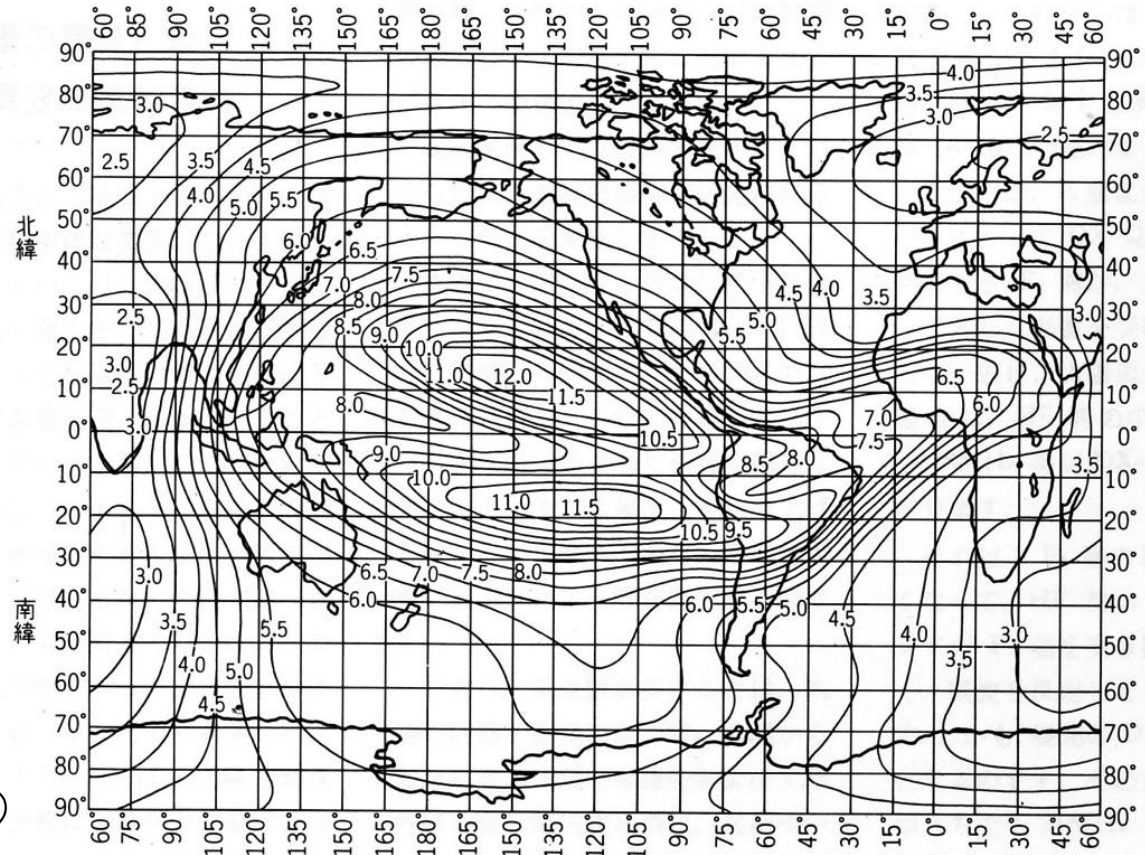


# 3. 160m伝搬のメカニズム

## F2層の分布

第6・18図 F層の最高周波数の世界分布. 太陽相対黒点数: 0, 3月の0900 JSTにおける状態

F層の分布は、太陽活動や地球の磁場の分布などの影響を受け、複雑な分布となっており、 $f_0F_2$ の日変化はE層ほど単純なパターンではない。

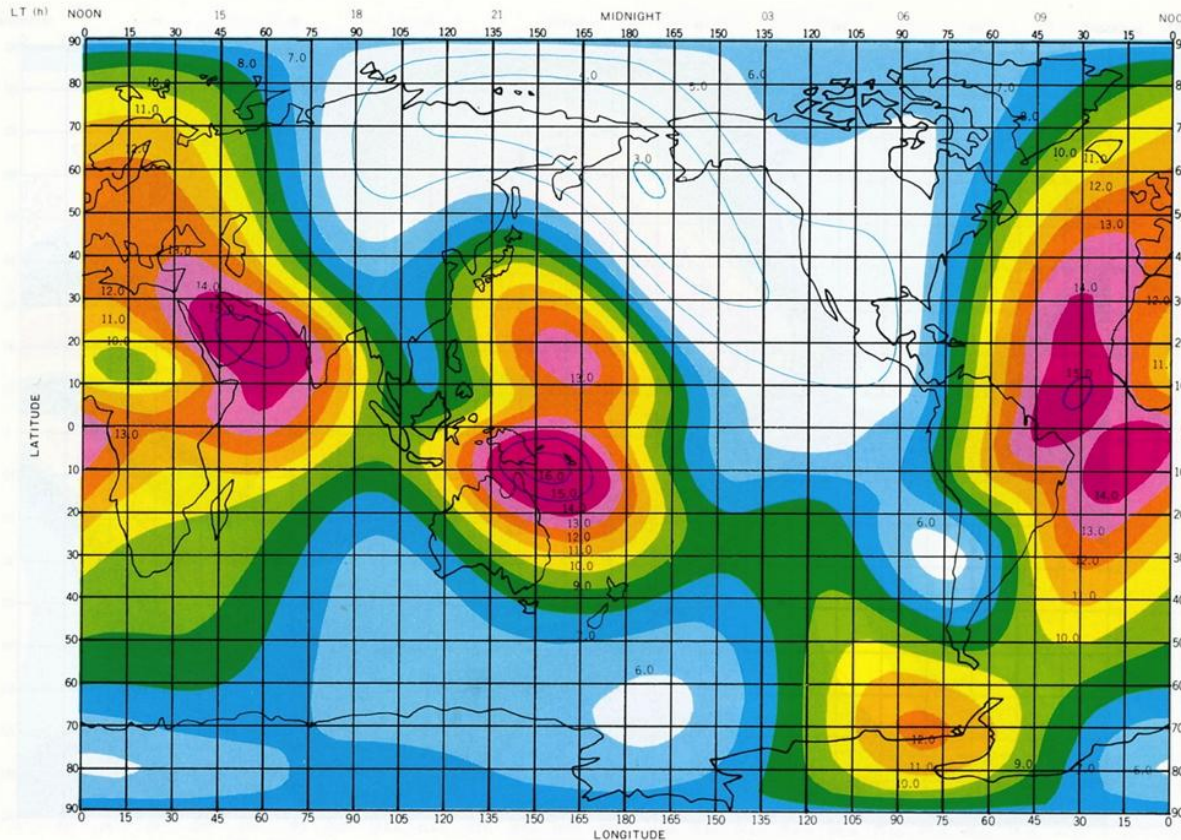


(CQ出版 電波伝搬ハンドブックより)

# 3. 160m伝搬のメカニズム

## F2層の分布

図7 冬期における  $f_0F_2$  [MHz] の世界分布図 UT=12H R=124



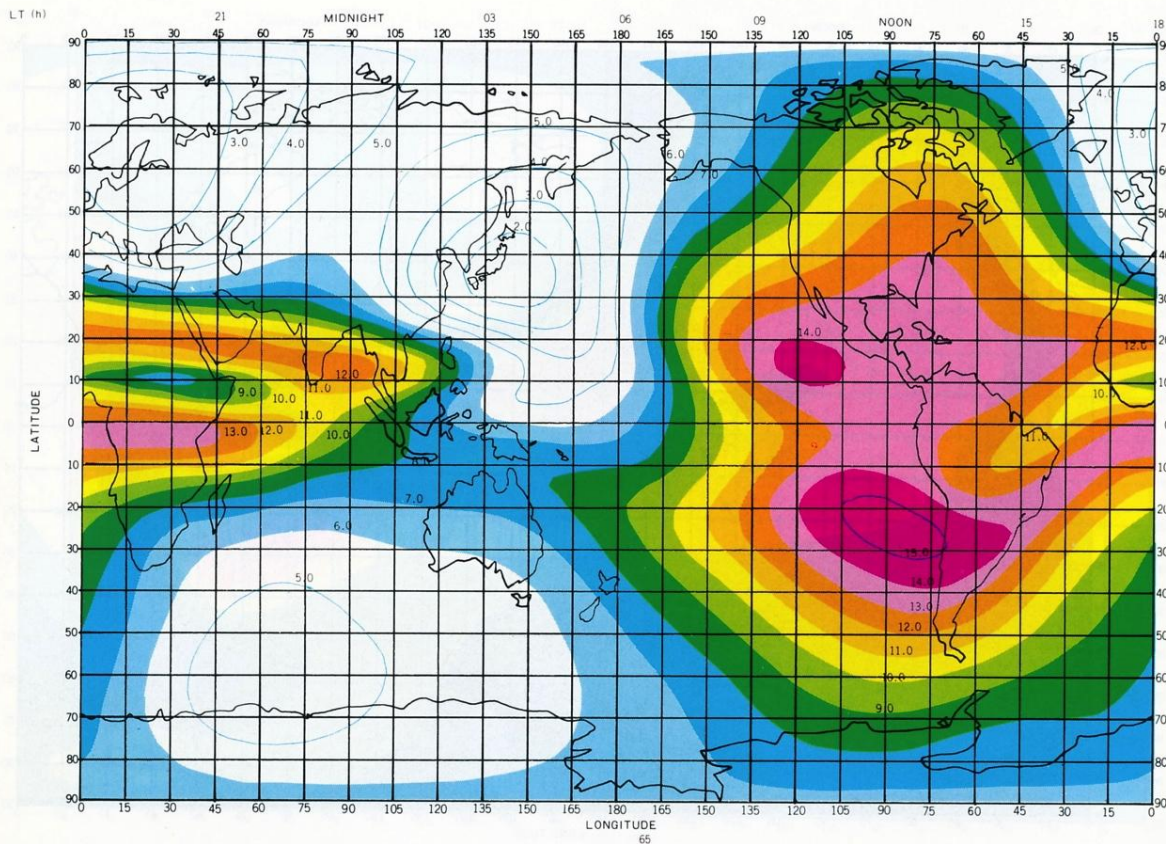
(CQ出版 電波  
伝搬ハンドブック  
より)



# 3. 160m伝搬のメカニズム

## F2層の分布

図8 冬期における  $f_oF_2$  [MHz] の世界分布図 UT=18H R=124

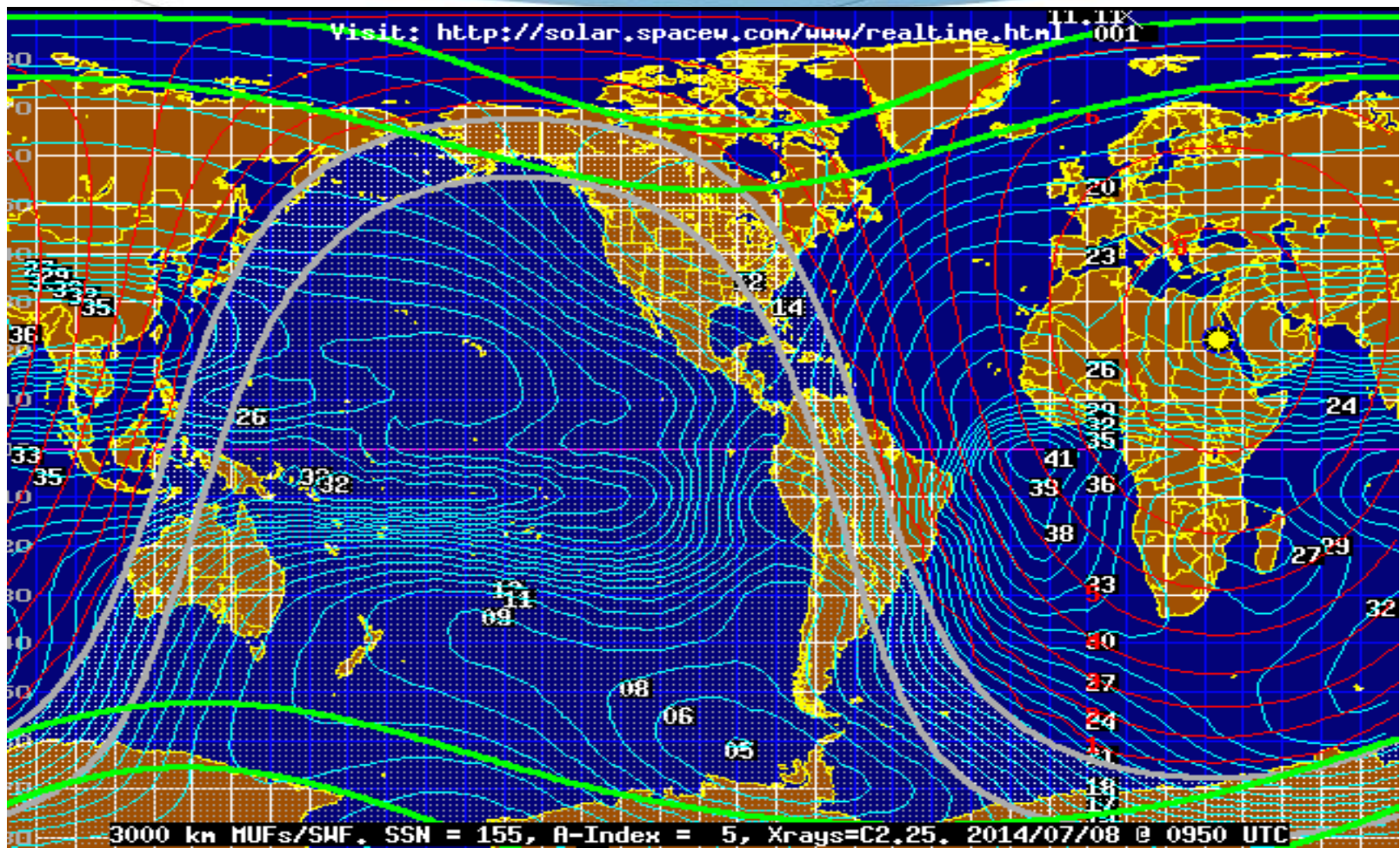


(CQ出版 電波  
伝搬ハンドブック  
より)

# 3. 160m伝搬のメカニズム

## F2層の分布

<http://dx.qsl.net/propagation/> より

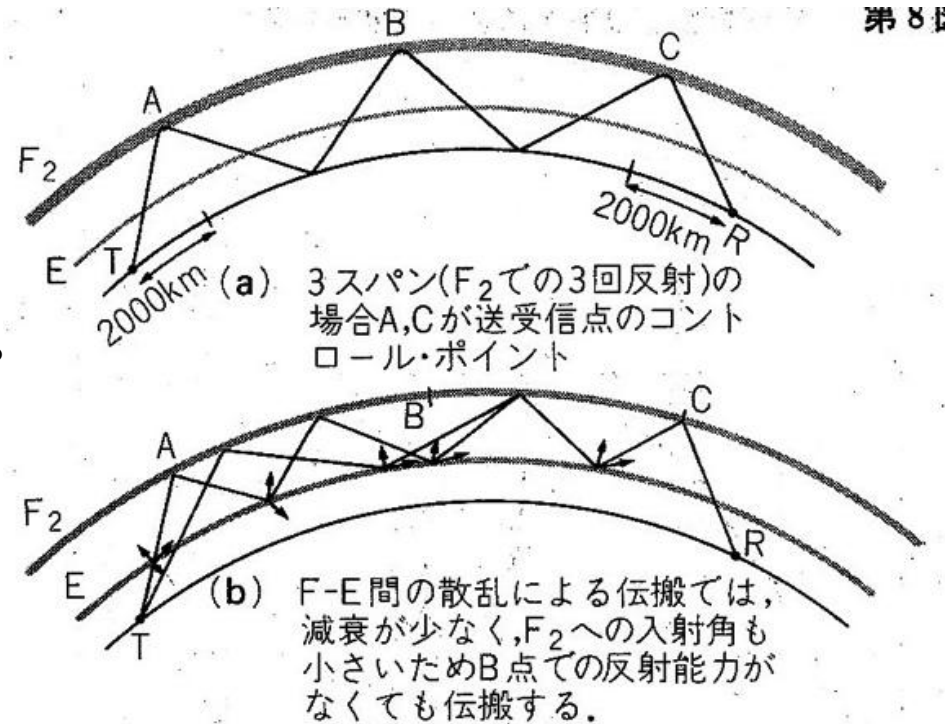


# 3. 160m伝搬のメカニズム

## 160mの伝搬

160mの伝搬はD層E層での減衰の影響が非常に大きく、E層の薄くなる夜間となるが、日没後しばらくE層の下層部分が残存するので減衰あるいは反射され、それが完全に消滅するとF2層反射になると考えられる。

E層が残存するグレーラインでは、条件によってE層とF層間での反射が起きている可能性があり、F2層正規反射のみと違ったパスが生じていることがあると思われる(後述)。



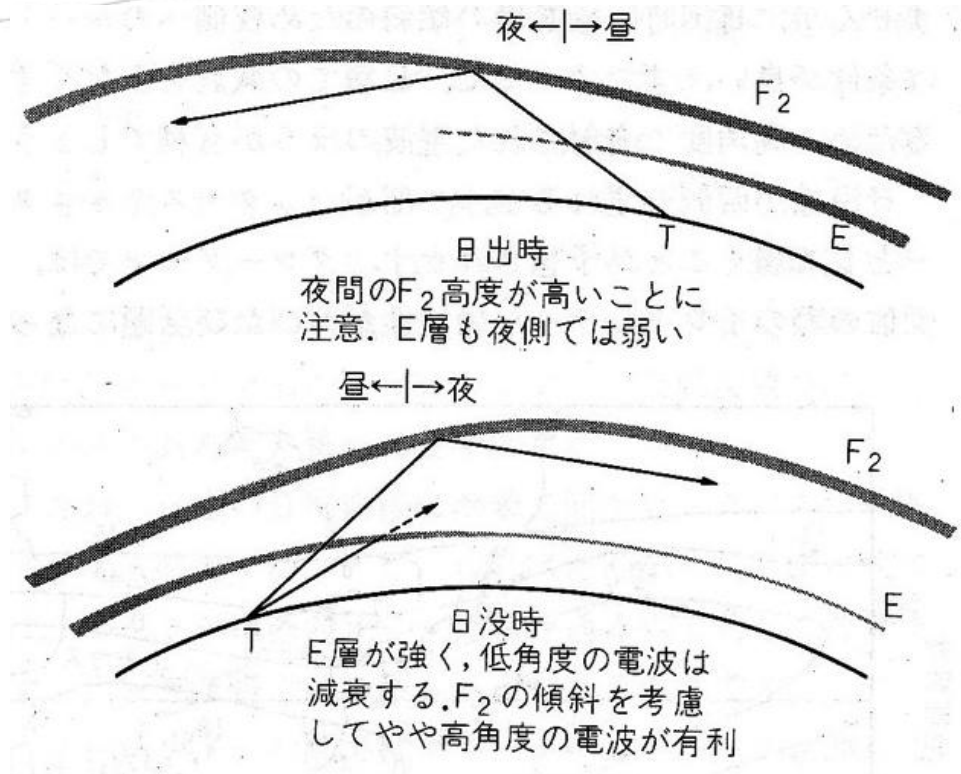
(ハムジャーナル No.39, 1984 白石健一氏の記事より)

# 3. 160m伝搬のメカニズム

## グレーラインパス

グレーラインでは、F層のTurbulenceによる一時的傾斜が生じるが、160mではそれと同時にE層との関係が重要になる。

SS時にはE層が残り減衰があるので打ち上げ角の高いアンテナが良く、SR時にはE層は消え、F層反射となるため低いアンテナが有利となる。



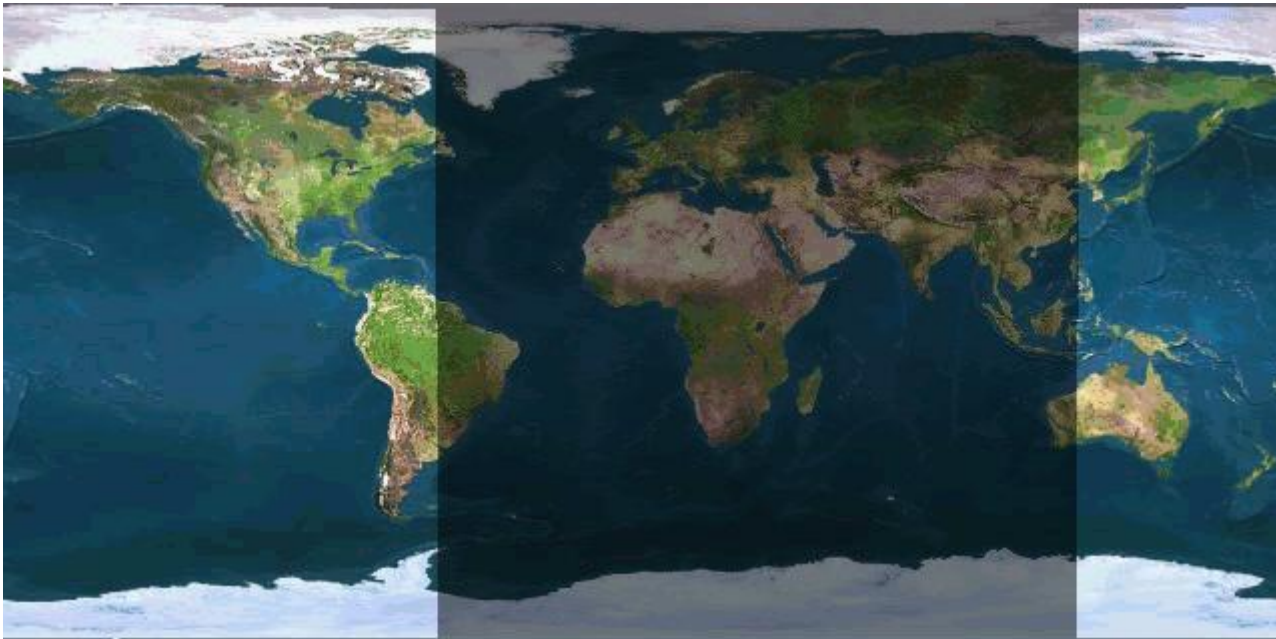
(ハムジャーナル No.39, 1984 白石健一氏の記事より)

# 3. 160m伝搬のメカニズム

## 特殊伝搬

時として、普段聞こえない地域の信号が強力に入感することがある。

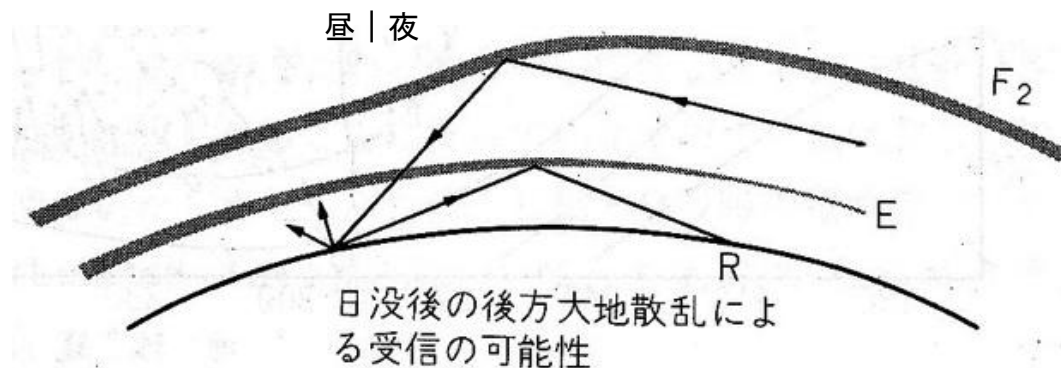
例えば、CXやZPとのQSOは対蹠点であるにも拘わらず、両者がグレーライン上に  
来る、春分、秋分の時期にはグレーラインが両極地帯を通るため160mでは減衰が  
大きく伝搬しにくい。(下図は秋分の日グレーライン)



# 3. 160m伝搬のメカニズム

## 特殊伝搬 (ZP6CWのケース)

2008年3月11日のZP6CW (SR 09:48Z) の場合、JA1ANR (SS 08:43Z) 石原さんがQSOされたのは10:05Zで、ZP側ではSR後17分、JA側ではSS後1時間22分、そのときの信号はピークで579位だったようで東日本から相当数のJA局がQSOしています。ZP側では未だE層がほとんどなく、低い打ち上げ角の電波が直接F層で反射され、効率よく太平洋南部を横断し、JA上空ではまだE層がかなり残っているが、F層のTurbulenceによる傾きでやや高い角度からの反射となり、E層を少ない減衰で突き抜けたのち、大地散乱などで夜側に逆行してきた電波ではないかと考えられる。



# 3. 160m伝搬のメカニズム

## 特殊伝搬(TF4Mのケース)

2009年10月末～11月初旬にかけてのTF4M(ピークで599), TF8SM, TF3DX/M(モバイル100W+ホイップの電波をJA7FUJが受信)などの17Z～19Zの大ブレイクの場合はTFのSSが17:25～16:45Z、JA側のSRが20:55～21:10ZなのでTF側では日没後1～2時間に当たり、E層が残存していた可能性もあるが、JA側では日の出前1～2時間に当たるため、ここではE層は完全に消えていると考えられる。

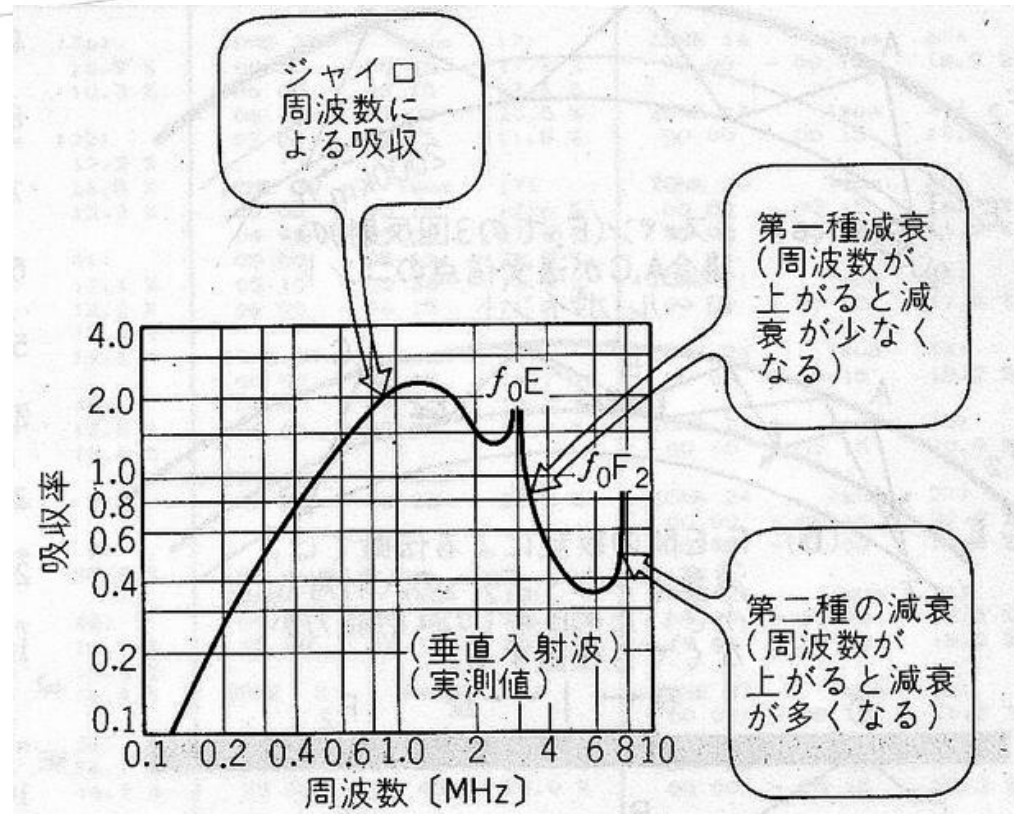
したがって、ここではTF側でEF間ダクトが起きていた可能性があるが、途中からはF層反射となったと思われる。

その期間、SFIは70前後、A、Kインデックスも5以下でオーロラも低いレベルだったことが良好なF層伝搬を可能にしたと考えられる。

# 3. 160m伝搬のメカニズム

## ジャイロ周波数

太陽光の影響とは別に、地磁気の影響で吸収が大きくなる周波数をジャイロ周波数と呼び、日本では1.2MHz付近にある。



(CQ出版 電波伝搬ハンドブックより)

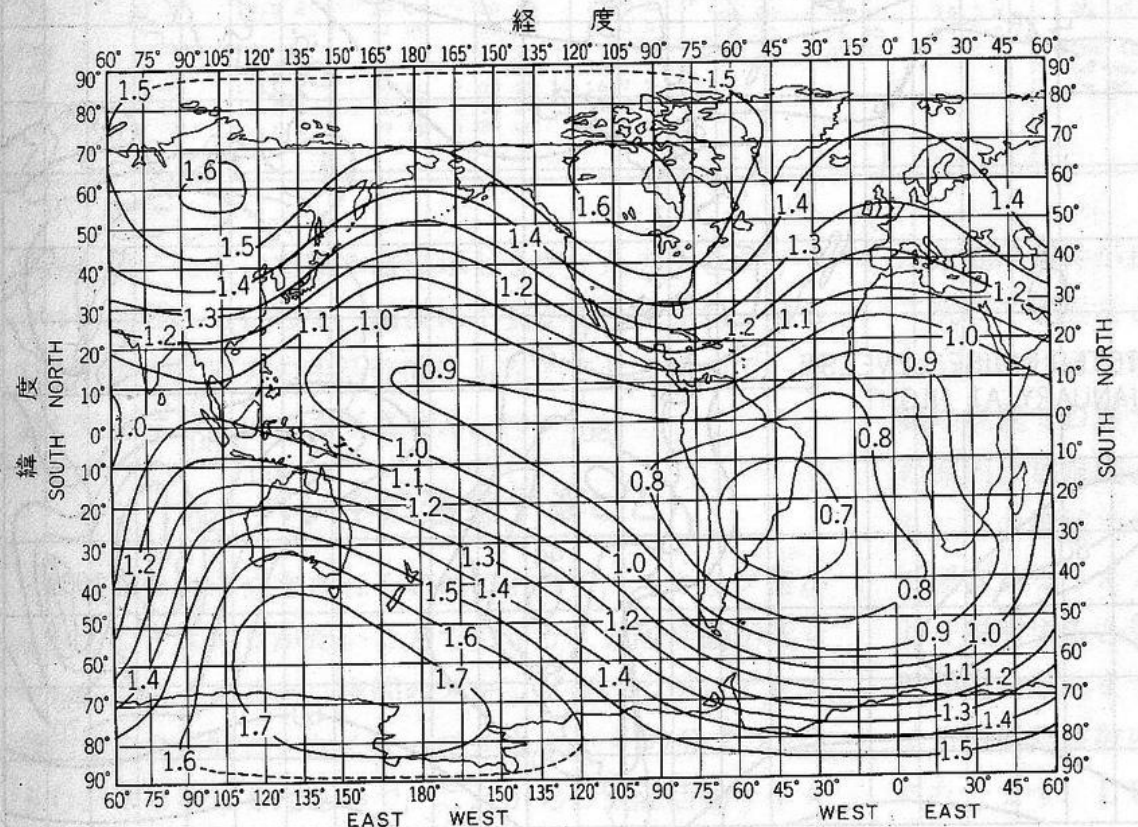


# 3. 160m伝搬のメカニズム

## ジャイロ周波数

地球上の磁場分布によってジャイロ周波数は異なり、右図のような世界分布である。この分布はほぼ一定でありジャイロ周波数が1.7Mhz付近にあるシベリア北部、カナダ北部、南極大陸の一部では160m伝搬はハンディを負っていることになる。

第6図 高度100kmでの電子ジャイロ周波数( $f_H$ )の世界的分布\* 単位は MHz



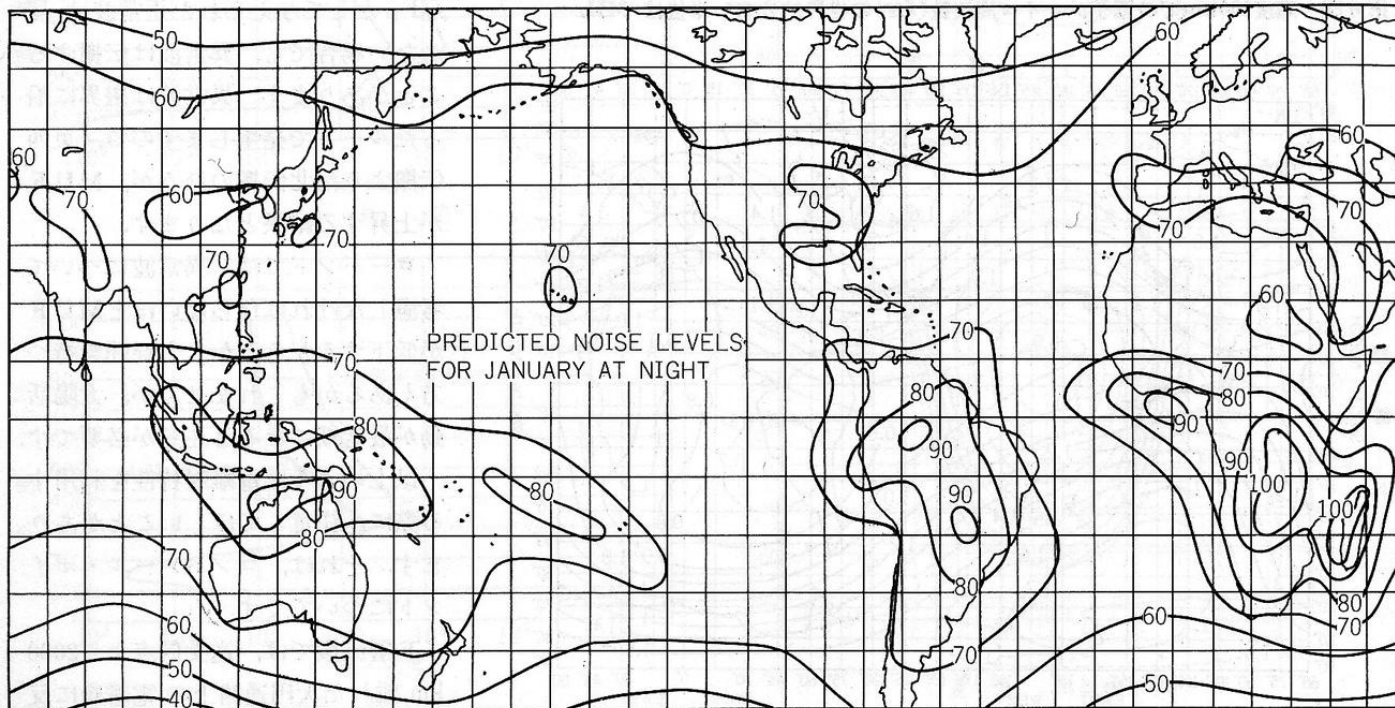
(CQ出版 電波伝搬ハンドブックより)

# 3. 160m伝搬のメカニズム

## 自然ノイズの分布

電離層の状態とともに160mでの伝搬にはノイズの問題がある  
1月の夜間の空電ノイズの予測世界分布は下図のようになっている。

第9図 1月夜のノイズレベル (ANDEX より)



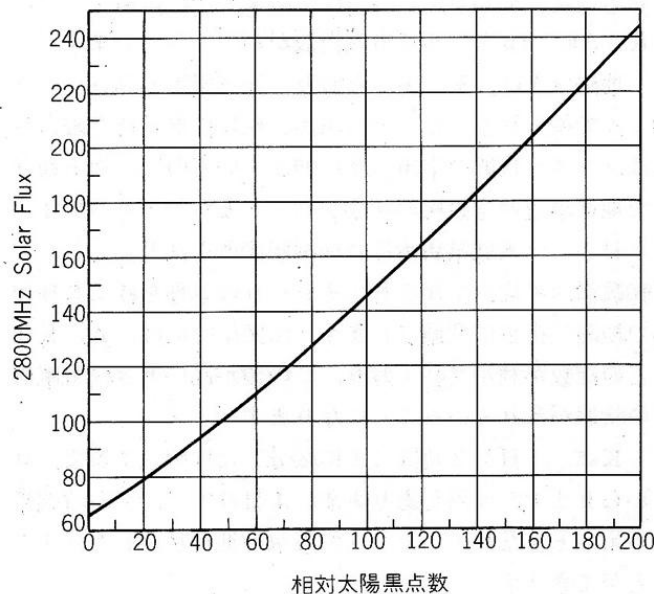
(ハムジャーナル No.39, 1984 白石健一氏の記事より)

# 4. 太陽活動・地磁気活動データの意味

SSNおよびSFIの値は太陽の活動状態を示す

- ◆ SunSpotNumber: 太陽黒点相対数とは黒点群の数と黒点総数の和を10倍し観測誤差を補正する係数を掛けた値であって太陽黒点の数そのものではない。
- ◆ SolarFluxIndex: Penticton観測所(VE7)での2800MHzの太陽雑音指数。

第17図 2800MHzにおける太陽雑音(Solar Flux)と  
相対太陽黒点数との関係



SFIとSSNはほぼ比例  
関係にある

# 4. 太陽活動・地磁気活動データの意味

## 太陽活動の影響の現れ方

- 黒点数はほぼ11年周期で増減するが、黒点数が大きいときは太陽面での爆発（フレアなど）が盛んになり、まずフレアと同時に強力なX線、紫外線がやってきてE層やD層の電離度を高める（デリンジャー現象として昼間のみ）。
- それに約9時間ほど遅れてプロトンを中心とした高速粒子がやってきてオーロラ帯に飛び込むのでオーロラが発生し高緯度でのD層E層の吸収が大きくなる。
- 数日後には太陽プラズマ雲（太陽風）がやってきて地磁気の影響を受けF層が乱れ、夜間のMUFが低下する。
- フレアとは別にコロナホールによる太陽風の乱れも地磁気に影響を及ぼす。
- 太陽は約27日かけて自転しているので27日周期で太陽風の乱れが来る。

# 4. 太陽活動・地磁気活動データの意味

## A, K indexは地磁気の状態を示す

- ◆ K index: ある観測点での静穏日地磁気変化に対する3時間ごとの相対的な地磁気の変動値(0~9までの対数値で表示)。
- ◆ A index: K indexの元データを3時間ごとの8つの値を平均して一日の値にしたもの。
- ◆ Ap index: ローカルな観測値であるA indexをグローバルな観測点の平均値として計算し直した値。Pはplanetの意。

**Table 1**  
**The General Relationship between A and K Values**

A	K	Comments
0	0	Quiet
2	1	Quiet
3	1	Quiet
4	1	Quiet to unsettled
7	2	Unsettled
15	3	Active
27	4	Active
48	5	Minor storm
80	6	Major storm
132	7	Severe storm
208	8	Very major storm
400	9	Very major storm

# 5. 160mの伝搬予測はどこまで可能か？

太陽・地磁気活動の指数からできるマクロ的な予測

- ◆ SSN: 黒点指数が持続して多いときにはSFIが増加し、少ないときはSFIが減少する傾向にあるが、短期的SSN値の変化はあまり関係ない。
- ◆ SFI: 一般にSFIが100を超えるような値で持続する場合はハイバンドが良くなり、ローバンドの状態は悪くなる傾向にある。
- ◆ A index またはK index: 地磁気の乱れが生じ地磁気指標が急上昇する場合は地磁気の集中する高緯度を通るF層伝搬パスが影響を受けることがある。
- ◆ 太陽面爆発(フレア): C, M, Xとレベル分けされ、中規模(M)クラスや大規模(X)クラスのフレアが発生するとその数日後に地磁気の乱れが生じることが多い。ただしフレアの方が地球に向いていないときは影響が少ない。

# 5. 160mの伝搬予測はどこまで可能か？

## ミクロ的な予測

- ◆ マクロ的な傾向は諸指数からある程度つかめても、より詳細な予測はかなり難しい。
- ◆ 地域差：E層とのからみやパス途中のグラウンド(大地or海)の状態などで伝搬状態が微妙に変わるため、地理的な地域差が大きくはたらく。
- ◆ 異常伝搬：グレーラインは狙い目であるが、EF間ダクトやスカッターなどが具体的にいつどこで起きるか予測は難しい。
- ◆ 高層気象との関係：真冬の高気圧がルート上にあるときはローバンドがよいと言われており、電離層低層に大気圏の状態が影響するとも考えられるが、そのメカニズムはよく分からない。
- ◆ ローカルノイズのレベルによってもDX信号の聞こえ方が全く違う(多くの場合地域差と混同されている)。

# 5. 160mの伝搬予測はどこまで可能か？

## 実際のデータから

- 2008年9月～2009年3月のシーズンに野口が収集したデータによる解析では地磁気指数と太陽風の速度(V)が入感DX局数と弱い負の相関が見られたがSFIや太陽風の粒子密度(D)の値はほとんど相関がなかった。
- 下表はその計算結果である。
- また、ここでの入感局数はバンドのアクティビティー(クラスタの影響などによる)や受信側のノイズなどの影響がありそれを考慮すべきといえる。

	Correlation
SFI: Nr of stns	-0.030854139
A: Nr of stns	-0.219350929
K: Nr of stns	-0.203458619
V: Nr of stns	-0.285029675
D: Nr of stns	-0.099669793



# 5. 160mの伝搬予測はどこまで可能か？

実際のデータから

下表はその元データの一部

160m Prop data Sep. 2008–Mar. 2009 by JA1DUH

Date	4.Sep (AM)	17.Sep (PM)	21.Sep (AM)	22.Sep (PM)	23.Sep (PM)	24.Sep (PM)	28.Sep (AM)	29.Sep (AM)	30.Sep (PM)	1.Oct (AM)
SFI	66	69	69	67	69	69	68	67	67	67
A-index	2	10	5	2	5	3	3	2	3	3
K-index	3	1	1	0	2	1	2	2	2	2
Velocity	469.7	427.8	327	291.7	265.3	300.5	344.6	369.7	348.5	491.5
Density	3	0.8	1.8	1.8	2.1	3.7	3.9	4.9	0.6	4.9
Aurola act	Low	Low	Low	Low	Low	Middle	Middle	Middle	Very Low	Middle
入感DX局	4X4DK	W8JI	4X4DK	UA0ACG	ZL3NW	VE7SJ	EA3JE		K9DX	DJ0MDR
	RU0AI			W8JI	VK3ZL	VK7GN			W8UVZ	IV3PRK
					AA0RS				W0FLS	I2TAO
					W7LR				AA0RS	
					N6TR/7				W8JI	
入感局数	2	1	1	2	5	2	1	0	5	3

# 5. 160mの伝搬予測はどこまで可能か？

## DX QSL netでのプロパゲーションデータ

### プロパゲーションの目安を付けるには便利なサイト

- ◆ VOCAP: <http://www.voacap.com/coverage.html> VOA受信普及のために開発された伝搬予測サイトなので、160mは対象外となっている。
- ◆ Propagation: <http://dx.qsl.net/propagation/> DX QSL net でいろいろなデータサイトのデータを集めたもので、SSN, SFI, A-index, K-index, Aurora Activity, SR/SS chart, リアルタイムMUF 分布図などが提供されている。
- ◆ 宇宙天気予報: <http://swnews.jp> 鹿児島工業高等専門学校にあるサーバーで運営されている日替わりの宇宙状態データ集積サイト。

## 6. LDE (Long Delayed Echo)

- ◆ 自分の発射した電波が何時間も経ってから聞こえてくるというローバンド特有の不思議な現象。
- ◆ JA7SN 金森氏は、1998年2月24日、12:17Zに3.504で出した自分のCQを50分後の13:00Zから30分間受信した(録音ファイルあり)。JA5DQH 奈木氏が2010年1月11日に実際に体験され、25時間前の自分のQSOをはっきり聞いた(JLBAA Bul. 290および59誌2010年3月号に掲載)。
- ◆ TZ6JA 小原氏の解析がファイブナイン誌2010年3月号と2013年12月号に掲載されており、<http://park1.wakwak.com/~ja7ao/lde/ldes.htm> に解析の要約を書かれている。しかしこのメカニズムは未だに謎だらけである。

## 7. 参考にした資料

- ◆ ハムジャーナル No.39, 特集「ローバンドのプロパゲーション」(協力 JLBAA)、CQ出版、1984
- ◆ JF1MJH 和多田作一郎 著: 電波伝搬ハンドブック、CQ出版、1982
- ◆ G3YWX Ian Poole 著: Understanding Solar Indices, QST Sep. 2002
- ◆ ON4UN John Devoldere 著 大河内正陽他訳: Low-Band DXing, 月刊ファイブナイン、1999

