

AM 放送波活用電離層擾乱観測・大気イオン濃度観測装置開発について

Development of Observation Equipment for Ionosphere Perturbation and Air Ion Concentration

2016年 日本地震予知学会 学術講演会

NPO 法人環境防災技術研究所
齊藤好晴

NPO Environment and Earthquake Forecast Technical Research Center
Yoshiharu SAITO

This paper reports development of low cost Ionosphere Perturbation Observation Equipment by utilizing AM broadcasting wave and Air Ion Concentration Observation Equipment. We have completed Multi Method and Multi Observation Post system for earthquake prediction.

1. はじめに

単一の方式のみでは地震前兆をとらえられないことがありうるので多方式・多点観測の必要がある。当研究所では植物生体電位、AM 放送波活用電離層擾乱、多周波帯2周波同時、大気イオン濃度、ラドン濃度、潮位偏差観測の実施を計画している。現状ではそれぞれの廉価な観測装置はないため独自に開発・製造することにした。

植物生体電位、多周波帯2周波同時観測装置、データ処理装置に関しては開発を完了、ラドン濃度観測装置は開発中のため、本論文では AM 放送波活用電離層擾乱、大気イオン濃度観測装置開発について報告する。

2. AM 放送波の伝搬

Fig.1 に MF 帯放送波の伝搬の様子を示す。電離層 D 層は 60km~90km に昼間のみ存在する。VLF/LF 帯電磁波は反射し、MF 帯以上の電磁波に対しては減衰させる。E 層は 90km~130km にあり昼夜を問わず存在する。従って夜間のみ MF 帯の電磁波を反射し遠距離に到達する。

電波伝搬損失は $Loss (dB) = 20 * \log(4 * \pi * r / \lambda)$ (λ = 波長、 r = 距離) で表される。

1000kHz の伝搬損失は 2000km で 98dB になる。電離層での減衰は経験的に約 70dB 程度と考えられる。例として 50kW の送信電力で発射された放送波の受信電力を求める。

送信電力は $[dBm] = 10 * \log_{10}([watts] * 1000)$ にて換算すると +77dBm になる。

送受信アンテナの Gain は 0dB とすると受信電力は $+77dBm - 98 - 70 = -91dBm$ となり、この辺が受信限界と考えられる。

つまり、AM 放送波の伝搬は 2000km が限度で、電離層で 1Hop しか反射しないと考えられる。実際には相模原では約 1000 km の札幌、釧路、熊本、鹿児島 の局をかりうじて受信できる。

一方 VLF/LF 帯は伝搬損失も電離層での減衰も MF 帯ほど大きくはなく、地球を半周以上伝搬する。このことから MF 帯の AM 放送波を活用すれば震源領域の特定がしやすいと言える。日本及び近隣諸国の送信局の識別は比較的容易で周波数帳により周波数で確認でき、音声の確認も容易で時折の Call Sign、交通情報、Local News、音楽番組の Request 者の住所等で確認できる。

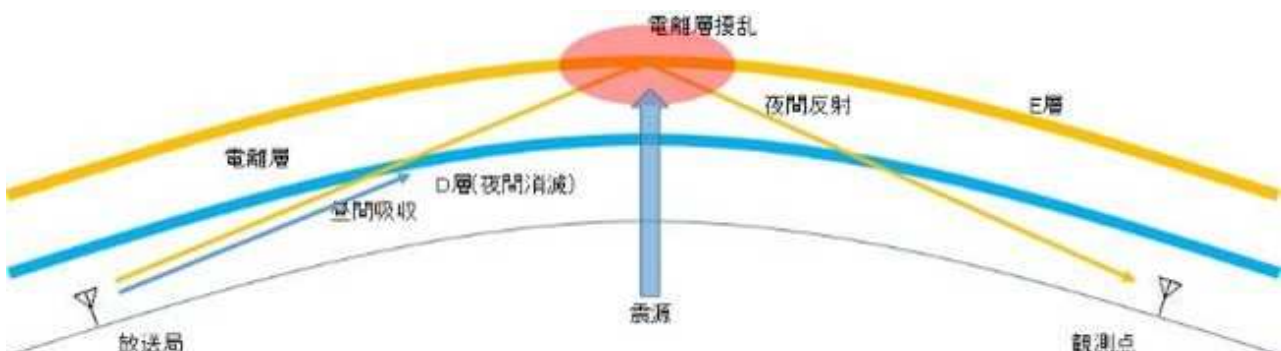


Fig.1 MF 帯 AM 放送波の電波伝搬図

3. AM 放送波活用電離層擾乱観測装置

廉価な観測装置を製作するために Fig.2 に示す市販の AM/FM Tuner から検波出力と音声出力を得るよう改造して使用している。受信周波数は Digital Synthesizer で同調するためずれがなく正確に目的の局をとらえることができる。AGC(Automatic Gain Control)は内部の集積回路内で固定されているため外すことは困難で、常時 ON 状態で使用する。しかし受信レベルが低いため最大 Gain で飽和しているため、受信電界に対して Linier に変化しているように見える。



Fig.2 市販 AM/FM Tuner

4. AM 放送波パスと予測震源領域

Fig.3,4,5 に示すようにこの方式は少ない観測点で全国の震源領域をカバーできる、また予測震源領域を特定しやすい特徴を持つ。M=6 程度以下では送信点-受信点間の中心から半径 50 km が予測震源領域と仮定している。全国の震源領域を隙間なく観測するには樺太、択捉島、台湾、フィリピンでの観測を必要とする。



Fig.3 八丈島、銚子での首都圏直下地震予測領域



Fig.4 八丈島、鹿児島での東海・東南海・南海・日向灘地震予測領域



Fig.5 国内 4 カ所での全国予測領域

5. AM 放送波活用電離層擾乱観測例

Fig.6 に札幌→相模原の 1 日の観測データ例を示す。予測震源領域は愛知県、岐阜県南部、静岡県西部である。Fig.7 に札幌→相模原の最新約 4 か月の朝夕の受信終了・開始時刻変動の標準偏差例を示す。σ=2 を越したのは 5 日間のみである。List-1 に σ が 2 を越した日と 1 週間以内に発生した予測震源域で発生した地震の List を示す。

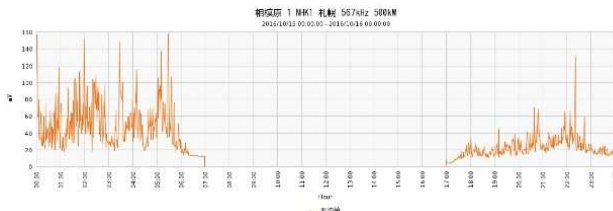


Fig.6 札幌→相模原の 1 日の Data Graph



Fig.7 札幌→相模原の最新約 4 か月の朝夕の受信終了・開始時刻変動の標準偏差

$\sigma > 2$ 観測日	概ね1週間以内の予測震源域内での発生地震		
6/30,7/4	2016/7/16 22:12	秋田県内陸北部	M4.6
8/18	2016/8/27 19:00	宮城県北部	M3.5
10/1,2,3	2016/10/10 8:15	秋田県内陸北部	M3.2
10/12	2016/10/16 15:14	宮城県南部	M4.1

List-1 σ が 2 を越した日と 1 週間以内に発生した予測震源域で発生した地震の List

6. 大気イオン濃度観測装置

従来の大気イオン濃度観測装置は測定値の精度が高く高額であった。地震前兆をとらえる目的であれば測定値の精度は低くても相対的な値の変化が観測装置個体間で一定であれば使用に耐えうると考え、廉価な米国製市販品を改造して使用することを考えた。この製品の特長は+/-イオンを選択して測定できる、100~20,000 個/CC、1000~200,000 個/CC、10000~2,000,000 個/CC の 3 レンジを有する、大小イオン同時測定というものである。従来の e-PISCO による観測では異常時 5,000 個/cc~50,000 個/cc であり、100~20,000 個/CC レンジに固定して使用すればよいと考える。イオン個数の較正は外付けの Fan の風速・風量を変化させて行う。

オプションで温・湿度、気圧、風向・風速計を装備できるようにする。Fig.8 に米国製 Air Ion Counter、Fig.9 に屋外設置例、Fig. 10 に屋内設置例、Fig.11 に風向・風速観測機例を示す。



Fig.8 米国製 Air Ion Counter



Fig.9 屋外設置例



Fig. 10 屋内設置例



Fig.11 風向・風速観測機例

7. 大気イオン濃度異常観測例

Fig.12 に仙台観測点の大気イオン濃度 1 週間観測データ例を示す。List-2 に異常発生日より概ね 1 週間以内に発生した観測点近辺で発生した地震の List、Fig.13 に観測点と震源の位置、List-3 に異常観測日の気象庁 AMeDAS の風向・風速を示す。しかし、イオンは電子的結合により伝搬するためか、風向・風速の影響は限定的に見える。



Fig.12 仙台観測点での異常

異常観測日	1週間以内の発生地震		
2013/7/23	8/4	宮城県沖	M6.0

List-2 観測点近辺で発生した地震

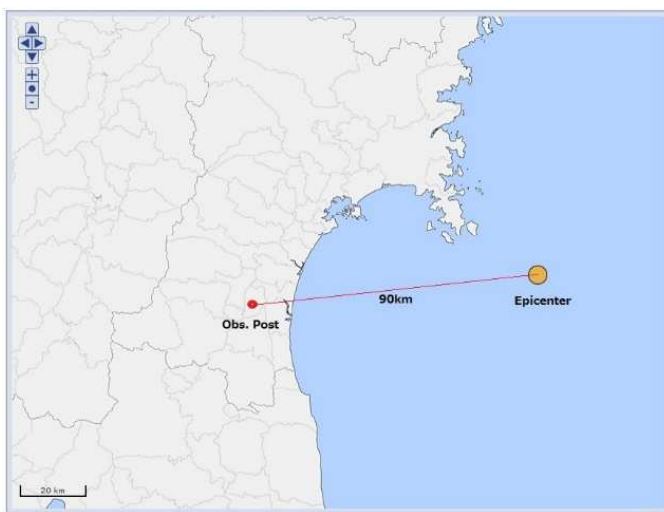


Fig.13 震源までの距離

宮城県巨理AMeDAS 2013年7月22日(1時間ごとの値)

時	降水量 (mm)	気温 (℃)	風速・風向(m/s)		日照 時間 (h)
			風速	風向	
10	0	19.6	3.2	南東	0
11	0	20	2.8	南東	0
12	0	20.3	2.1	南東	0
13	0.5	20.1	1.7	南東	0
14	1.5	19.6	2.1	南東	0
15	0	19.6	4	南南東	0
16	0	19.4	3.5	南南東	0
17	7.5	18.9	2.1	南東	0
18	10.5	18.8	3.1	南南東	0
19	6	18.8	1.3	南南東	0

List-3 異常観測日の風向・風速(AMeDAS)

8. むすび

ラドン濃度観測に関しては現在廉価なセンサーを探しているところであり開発はさらに1年程度はかかる見込みである。

なお、当研究所としては当面装置の改良、保守に専念し、取得データの分析、地震発生予測、検証は手薄となるため、他の研究機関に機器の供給またはデータの提供を行ないたい。

本論文で報告した AM 放送波活用電離層擾乱及び大気イオン濃度観測装置は廉価ではあるが、地震発生予測観測には十分と考える。現在市販の AM/FM Tuner を活用し既に開発済の LF/MF/VHF/UHF 帯の 2 周波同時観測装置の改良の技術検討を行っている。当研究所では植物生体電位、多周波帯 2 周波同時、AM 放送波活用電離層擾乱、大気イオン濃度、潮位偏差等の観測にて多方式・多点観測 System を一旦完成することになる。さらに既に完成している(株)早川地震電磁気研究所の VLF/LF 帯電離層擾乱観測、(株)DuMA の地下天気図、(株)地震科学探査機構等の GPS 活用地殻変動による地震予測を加えれば精度の高い地震予知を行うことができると考える。