

「電離圏中 HF 帯電波の R モードトンネル効果の可能性」と他 2 論文の図修正報告

池 田 慎

武蔵大学人文学会雑誌第三十八巻第四号「電離圏中 HF 帯電波の R モードトンネル効果の可能性」において、池田 [2000]¹⁾ は、極域電離圏では、オーロラ活動に伴いオーロラローと呼ばれる周波数 2.0MHz から 5.0MHz の HF 帯電波が発生し、地上でも観測される事を示し、電離圏中での HF 帯電波の伝搬や線形モード変換、分反射そして加熱実験等が最近注目されている事を紹介した。この論文と池田 [2004]²⁾、池田 [2007]³⁾ では、それらの発生や加熱メカニズムに対する可能性ある候補として、電離圏内 HF 帯電波のモード変換・分反射・Rモードトンネル効果等を表わす波動結合方程式と、それらをフルウェイブ積分でさらに結合するモデルを検討していた。

オーロラローはオーロラ活動に伴って発生すると考えられているので、EISCAT レーダー等によって得られたオーロラ発生時の電子密度分布が、電波伝搬を考える際に必要である⁴⁾。地球磁場についてはダイポールモデル、さらに適切な衝突回数分布を仮定して、各種プラズマ特性周波数の高度分布を、池田 [2000]¹⁾ の図 1 に示した。具体的には Rモードカットオフ周波数、Lモードカットオフ周波数、Xモードカットオフ周波数、Oモードカットオフ周波数、Zモードカットオフ周波数、UHR 周波数、プラズマ周波数、電子ジャイロ周波数、ホイスラーモード共鳴周波数が 100km から 400km の高度範囲で示されていた。

以上の結果は、地球磁場についてはダイポールモデルの空間分布から得

られていたが、その計算に大雑把な近似が使用されていた。この修正報告で、より正確なダイポールモデルが使用される事を明らかにし、それらによって生じたより正確ないくつかの結果を、図の修正報告として紹介したい。対応する図の修正報告は、その後の論文、池田 [2004]²⁾、池田 [2007]³⁾ にも関連している。

(1) 各種プラズマの特性周波数の高度分布

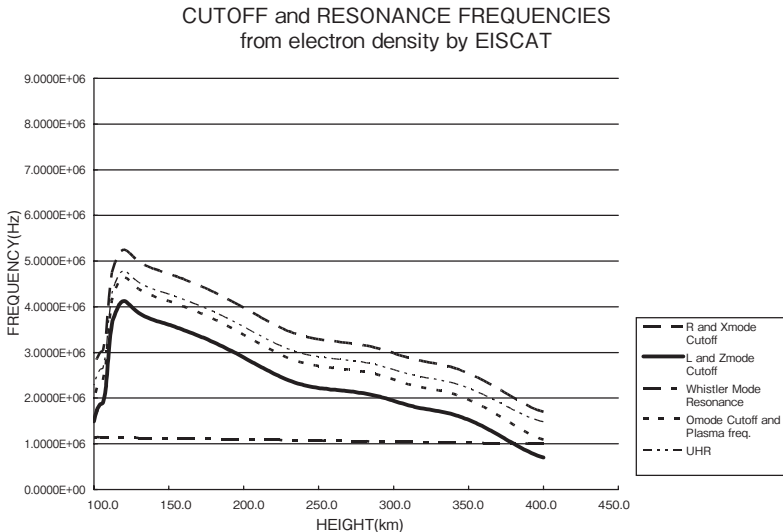
武蔵大学人文学会雑誌、第31巻、第3号、図1 (2000)

武蔵大学人文学会雑誌、第35巻、第3号、図1 (2004)

武蔵大学人文学会雑誌、第38巻、第4号、図1 (2007)

この、より正確な磁場モデルによって、高度と共にジャイロ周波数（ホイスラーモード共鳴周波数）のわずかな減少が明らかに見られた。各種プラズマの特性周波数の高度分布が、改めて修正図1として示された。

修正図1 各種プラズマ特性周波数の高度分布

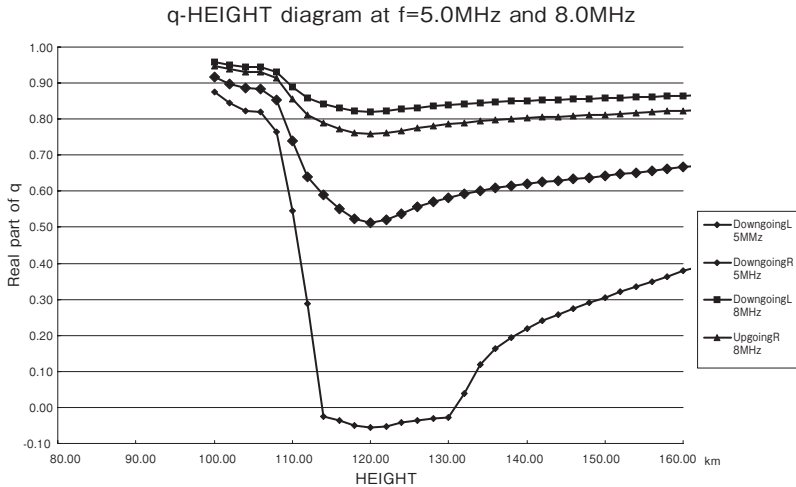


(2) 5MHz、8MHz 下降 (Down going) 波に対する Booker 4 次方程式の解 q の実部

武蔵大学人文学会雑誌、第 35 巻、第 3 号、図 3 (2004)

この図では、下降波に対する Booker 4 次方程式の解 q の実部が示されたが、ジャイロ周波数 (ホイスラーモード共鳴周波数) のわずかな変動による変化は、殆ど現れなかった。ただし、8MHz、5MHz 下降 (Down going) 波に対する Booker 4 次方程式の解 q の実部が、改めて修正図 2 として示された。

修正図 2 5MHz、8MHz 下降 (Down going) 波に対する Booker 4 次方程式の解 q の実部

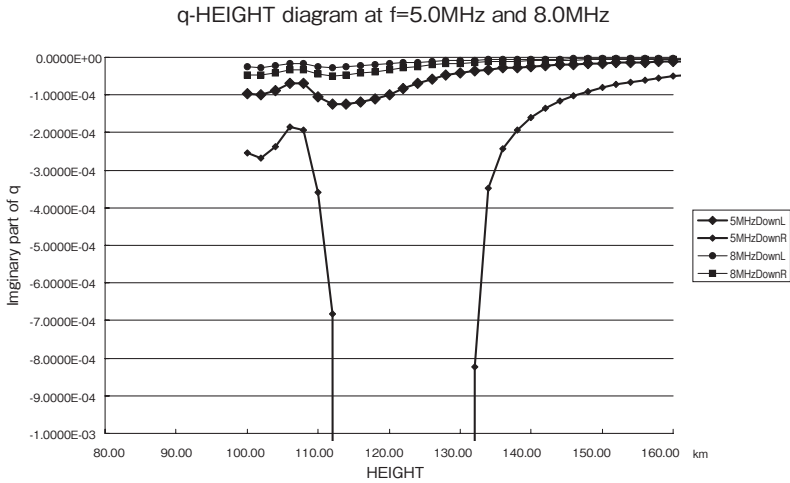


(3) 5MHz、8MHz 下降 (Down going) 波に対する Booker 4 次方程式の解 q の虚部

武蔵大学人文学会雑誌、第35巻、第3号、図4 (2004)

同様にして、この図では、下降波に対する Booker 4 次方程式の解 q の虚部が示されたが、ジャイロ周波数 (ホイスラーモード共鳴周波数) のわずかな変動による変化は、殆ど現れなかった。ただし、8MHz、5MHz 下降 (Down going) 波に対する Booker 4 次方程式の解 q の虚部が、改めて修正図3として示された。

修正図3 5MHz、8MHz 下降 (Down going) 波に対する Booker 4 次方程式の解 q の虚部



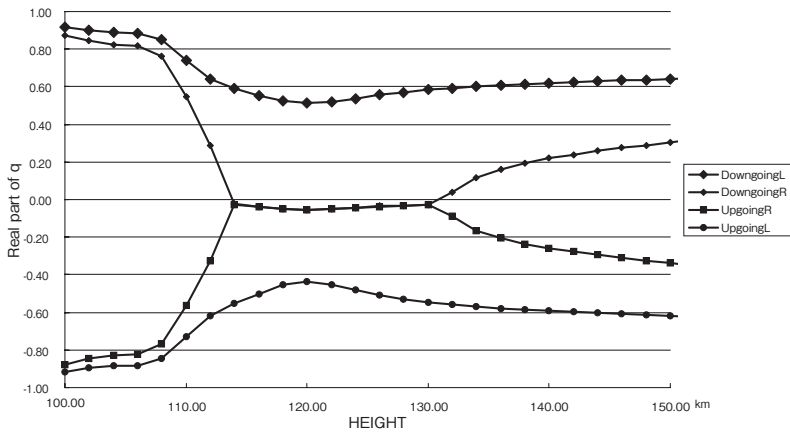
(4) 5MHz の Booker 4 次方程式の実数解の振る舞い (高度分布)

武蔵大学人文学会雑誌、第 38 巻、第 4 号、図 2 (2007)

同様に、この図では、5MHz 下降波に対する Booker 4 次方程式の解 q の実部が示されたが、ジャイロ周波数 (ホイスラーモード共鳴周波数) のわずかな変動による変化は、殆ど現れなかった。ただし、5MHz の Booker 4 次方程式の実数解の振る舞い (高度分布) が、改めて修正図 4 として示された。

修正図 4 5MHz の Booker 4 次方程式の実数解の振る舞い (高度分布)

q-HEIGHT diagram at $f=5.0\text{MHz}$

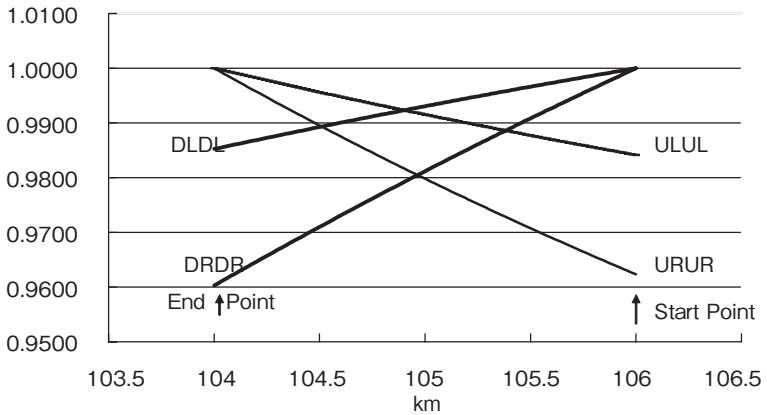


(5) 5MHzHF 帯電波の、波動結合方程式による各モード振幅の積分結果
 武蔵大学人文学会雑誌、第38巻、第4号、図3(2007)

同様にして、この図では、5MHz 下降波に対する、波動結合方程式による各モード積分結果が示されたが、ジャイロ周波数(ホイスラーモード共鳴周波数)のわずかな変動による変化は、殆ど現れなかった。ただし、5MHzHF 帯電波の、波動結合方程式による各モード振幅の積分結果が、改めて修正図5として示された。

修正図5 5MHzHF 帯電波の、波動結合方程式による各モード振幅の積分結果

Each mode amplitude in arbitrary unit



「電離圏中 HF 帯電波の R モードトンネル効果の可能性」と他 2 論文の図修正報告 池田 慎

以上の修正図から、地球磁場の高度変化を精密化したとしても、計算結果に大きな違いは生じないことが示された。

[註]

- 1) 池田 慎、武蔵大学人文学会雑誌、第 31 巻、第 3 号、裏 P 153, 「電離圏中 HF 帯電波の R モードトンネル効果の可能性」(2000)
- 2) 池田 慎、武蔵大学人文学会雑誌、第 35 巻、第 3 号、P 269, 「極域電離圏における HF 帯電波の波動特性とモード結合計算モデル」(2004)
- 3) 池田 慎、武蔵大学人文学会雑誌、第 38 巻、第 4 号、P 302, 「波動結合方程式を使用した HF 帯電波フルウェーブ積分」(2007)
- 4) EISCAT Scientific Association Annual Report 1987, p27