

電離圏電気伝導度を算出するための衝突周波数

家田 章正 [1]
[1] 名大宇宙地球研

Ion-neutral collision frequencies for calculating ionospheric conductivity

Akimasa Ieda[1]
[1] ISEE, Nagoya Univ.

<http://www.isee.nagoya-u.ac.jp/~ieda/>

Molecular oxygen collides with its first positive ion in the earth's ionosphere. The collision frequency of this particle pair is used to calculate the electric conductivity. However, for this parental pair there are two collision types, resonant and nonresonant, and the selection of the collision type has been different among previous studies in calculation of conductivity. In the present study we clarify that the nonresonant collision is essential for this pair because relevant temperatures are low. That is, the peak of the ionospheric conductivity is located at altitudes between 100 and 130 km, where the temperatures of ions and neutral particles are usually lower than 600 K, for which nonresonant collision is dominant. The collision frequency would be underestimated by 30% if the resonant collision was assumed at 110-km altitude (where the temperature is 240 K). The impact of this difference on the conductivity is estimated to be small (3%), primarily because molecular nitrogen is much more abundant than molecular oxygen. Although we have confirmed that the nonresonant collision is essential, we also include the resonant type, primarily in case of possible elevated temperature events. A set of ion-neutral collision frequency coefficients for calculating the conductivity is summarized, including other particle pairs, in the Appendices. Small corrections to the classical coefficients are made.

地球電離圏ではプラズマと中性大気が共存している。両者の衝突は、電離圏電流・電気伝導度を支配しており、衝突周波数として表現される。衝突周波数モデルは、論文によって大小さまざまな相違があり、その根拠は不明であることが多い。本研究では特に、酸素分子と酸素分子イオンの衝突について、衝突周波数モデル間の相違と意味を明らかにし、どのモデルを採用すべきかを議論した。

古典的な衝突周波数モデルでは、遷移温度 (800 K) を境に衝突のメカニズムが異なる。(1) 低温では中性粒子が分極することによる nonresonant 衝突、(2) 高温では電子移動による resonant 衝突が支配的であると考えられている。一方、近年採用されている衝突周波数モデルでは、(A) 北欧のレーダーコミュニティは温度に依らず (1) のみを用い、(B) 米国のモデリングコミュニティは温度に依らず (2) のみを用いるなど、さまざまであり、その根拠は不明であった。また遷移温度が 800 K である根拠も不明であった。

本研究では、まず、電気伝導度が集中する E 層 (高度 90-150 km) では、イオンや中性大気の温度は典型的には 200-600 K と、遷移温度より低温であるために、(1) nonresonant 衝突が支配的であることを確認した。従って、(B) は誤解である。次に、遷移温度は 800 K と教科書に記されてきたが、これは誤解であり、正しくは 600 K、すなわち、(1) と (2) が等しくなる温度であることを明らかにした。遷移温度が下がったために、(2) は E 層付近でも重要となり、無視しにくくなった。さらに、擾乱時など温度上昇した場合は (2) が必要である。従って、(A) は静穏時の E 層には概ね妥当だが、温度上昇時には特に不適切である。まとめると、(A) や (B) は一般性がなく、電気伝導度の算出には遷移温度 600 K を境として (1) と (2) の両方を用いることが適切である。

