

地球電離圏の電荷交換衝突におけるカーブ軌道効果

#家田 章正¹⁾

¹⁾ 名大宇宙地球研

Curved Trajectory Effect on Charge-Exchange Collision at Ionospheric Temperatures

#Akimasa Ieda¹⁾

¹⁾ ISEE, Nagoya Univ.

Collision between ions and neutral particles is an essential characteristic of Earth's ionosphere. This ion-neutral collision is usually caused by the polarization of neutral particles. This collision can also be caused by charge exchange, if the particle pair is parental, such as atomic oxygen and its ion. The total collision frequency is not the sum of the polarization and charge-exchange components, but is essentially equal to the dominant component. The total is enhanced only around the classic transition temperature, which is near the ionospheric temperature range (typically 200-2000 K). However, the magnitude of this enhancement has differed among previous studies; the maximum enhancement has been reported as 41% and 11% without physical explanation.

In the present study, the contribution of the polarization force to the charge-exchange collision is expressed as a simple curved particle trajectory effect. As a result, the maximum enhancement is found to be 22%. It is discussed that the enhancement has been neglected in classic models partly due to confusion with the glancing particle contribution, which adds 10.5% to the polarization component. The enhancement has been neglected presumably also because there has been no functional form to express it. Such an expression is derived in this study.

電離圏と磁気圏の結合を理解するためには、電離圏電気伝導度を定量的に把握することが必要である。電気伝導度の主体は、イオンと中性粒子の衝突断面積である。この断面積は、2つの成分を持つが両成分の和ではなく、高温では電荷交換成分に、低温では中性粒子の分極による成分に漸近する。両成分が等しくなる遷移温度は、電離圏温度(200-2000 K) 付近である。これまで電離圏分野の古典的研究では、遷移温度において、トータル衝突断面積は、分極成分や電荷交換成分に等しいと近似されてきた。すなわち、両成分は結合しないと仮定されてきた。一方、原子衝突分野の研究では、トータルの断面積は、電離圏の古典的研究よりも1.4倍大きいと近似されている。この電離圏分野と原子衝突分野の違いの根拠は不明瞭であった。

本研究では、電荷交換衝突と分極衝突の結合を、カーブ粒子軌道効果により表現した。すなわち、粒子軌道が曲がることにより電荷交換衝突断面積が実効的に増大する効果を取り入れた。その結果、遷移温度において、トータルの断面積は、電荷交換成分から22%増大することを見いだした。原子衝突分野では、この結合を物理的意味のない二乗平均により表現したために過大評価している。電離圏分野の古典的研究がこの結合を無視した原因は、カーブ粒子軌道効果と、外部境界付近をかすめる軌道の小さい効果とを、混同したことであると思われる。もうひとつの原因は、結合を表現する理論式がなかったためであると思われる。その様な理論式は本研究で初めて導いたので、今後は電荷交換衝突と分極衝突の結合を無視せずに含めて、イオン-中性衝突断面積を計算すれば良い。

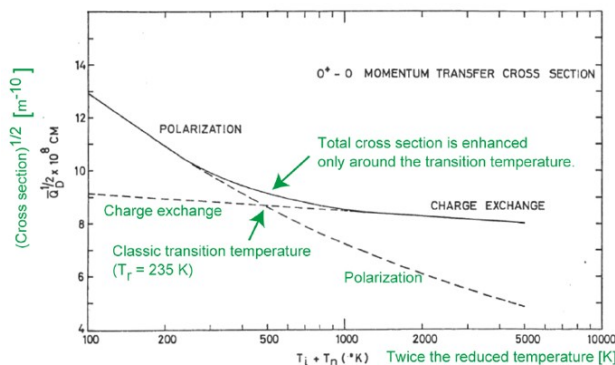


Figure 1. Figure 2 of Banks (1966) explains the classic model. Reused with permission from Elsevier (license number 5005811313501). Our clarifications are shown in green. The square root of the $O^+ - O$ momentum-transfer cross sections are shown against twice the ion-neutral reduced temperature. The solid line shows the total cross section, which consists of two components, shown by the dashed lines. The total is not the sum of the two components, but is essentially equal to the polarization component at low temperatures and to the charge-exchange component at high temperatures. The total cross section is larger than that of either component only around the transition temperature, where the two components intersect. The corresponding maximum enhancement was stated to be 11% in Banks (1966), although it was not explained how the total cross section was calculated.