

磁気圏対流 - 電離圏対流結合に於ける局所性と広域性の問題に関する考察

Studies on the coupling process of ionospheric and magnetospheric convection

吉川 顕正[1], 糸長 雅弘[2], 湯元 清文[1]

Akimasa Yoshikawa[1], Masahiro Itonaga[2], Kiyohumi Yumoto[1]

[1] 九大・理・地球惑星, [2] 山口大・教育

[1] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ., [2] Edu., Yamaguchi Univ.

磁気圏対流と電離圏対流の結合過程は、長らく磁気圏ポテンシャルと電離圏ポテンシャルが磁束管を通じて準静的に強く結合した描像を用いて説明されてきた。この考え方は基本的に磁束管を通じて対流が局所的に結合していることを前提としている。一方で、現在の磁気圏電離圏結合の文脈では、沿磁力線電流と電離層電流のクロージャーは電離層に垂直に入射する磁力線電流成分が電離層電流の発散成分と閉じることによって表現され、このクロージングコンディションを満たすように電離圏ポテンシャルを決定し、ソース領域以外にも2次的に広がった電離圏電流構造を計算することが主流となっている。こうして求めた電離圏ポテンシャルも、高緯度ソース領域以外の中低緯度領域まで再分布する。ならば、準静的なポテンシャル結合を考慮して、磁気圏ポテンシャルも中低緯度領域まで広がっていると考えると良いのであろうか？

近年、電離圏で励起された対流が磁気圏対流にいかなるフィードバックを与えるかという問題も議論され始めてきているが、この議論のベースとなるべき沿磁力線電流による磁気圏 - 電離圏結合の基本的な描像にいくらかの曖昧さが残っているように感じられる。本発表では、沿磁力線電流の電離圏電流へのクロージャーだけではなく、電離圏 - 中性大気 - 固体地球系へのクロージャーコンディションも考慮に入れることにより、この論点の食い違いを解消することを試みる。

問題考察のための基本的な文脈は以下のとおりである。沿磁力線電流の電離層への垂直入射成分と、電離圏電流のクロージャーは本来局所的である。実際、ソースの時間変動効果を考え、結果生じる電磁場揺動の Poynting vector を考慮しても、電離圏ポテンシャルがソース領域以外の電離層に2次的に広がっていく物理は含まれていない。仮に同時に励起する回転性ホール電流に伴う電磁場を考慮しても、比較的ソース近傍領域に局在するだけであり、電離圏全体に広がる電流系を励起する可能性は非常に小さいと言える。一方、完全に磁力線が電離層に対して垂直でない場合、電離層に入射する沿磁力線電流には電離層に対して平行成分も存在する。この電流が如何なるクロージャーをしているかという議論はこれまで全くなされてこなかったが、この成分の重要性を以下のように捉えることが出来る。：平行成分の沿磁力線電流に付随する電場は、磁力線と電離層の両方の電場に対して垂直であり、基本的に2次的な電離層電流を直接励起することは出来ない。しかしながら、非定常的な磁気圏電離圏結合を考慮すればこの沿磁力線電流成分電流は、中性大気中での縦型分極電流と結びついている。このとき、この沿磁力線電流成分により持ち込まれた垂直電場と電流連続性のために励起された分極電流に付随する垂直電場は異なることから、電離層を挟んで電束密度の跳びが生じ、電離層上で強力な誘導電荷を励起することとなる。このとき、この電流クロージャーの時間変動によって生じる電磁揺動の Poynting Vector は正に電離層と平行方向であり沿磁力線電流の入射によって誘導された電離層上での電荷、及びそれに伴う電場、電流を2次的に広げることが可能である。これは Kikuchi 等によって提唱された TMO モードの励起に対応する。以上のことを踏まえ、磁気圏 - 電離圏結合の局所性と大局性の問題は、沿磁力線電流の垂直成分と電離圏電流のクロージャーによる直接的な磁気圏 - 電離圏結合と、沿磁力線電流の平行成分と中性大気中での縦型分極電流を介した電離圏ポテンシャルが大局的に広がる物理を組み合わせて考察することにより解決することが可能であると考えられる。

磁気圏対流と電離圏対流の結合に関する諸問題を実証科学的に検討していくためには、高緯度から中低緯度にかけて磁場と電場両方の同時ネットワーク観測を高精度に行い、電離層電流、それに伴う磁場変動が如何に伝播するかという問題を突き止めなければならない。具体的には高緯度領域で Super DARN レーダ観測やカノーパス磁場観測網などを用いて、沿磁力線電流、電離層対流の直接的な時空発展をpushし、同時に中低緯度領域で電磁場観測を行う必要があるであろう。中低緯度領域での磁場観測については環太平洋地磁気ネットワーク観測網を用いることが可能であるが、中低緯度まで広がった電場のネットワーク観測網は現在存在しておらず、磁場との同時観測が可能な中低緯度領域での電場ネットワーク観測網の構築が急務であると考えられる。