

水星表面近傍における電流クロージャーに関する考察

Studies on current closure near the Mercury surface

吉川 顕正[1], 河野 英昭[1]

Akimasa Yoshikawa[1], Hideaki Kawano[1]

[1] 九大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.

マリナー10号の3回のフライバイによって地球型の磁気圏を有することが明らかにされた水星について、ESAとISASの新規ミッションが決定し、今後地球磁気圏との相似性と特異性についての議論が活発化することが予想される。我々はその呼び水として、水星表面領域近傍での電流クロージャーの観点から議論する。

水星磁気圏は、地球と同様に太陽風の動圧と、惑星磁場圧のバランスによって大まかな構造が決定され、バウショック、太陽風によって引き延ばされた磁気圏、プラズマシートなどを持つと共に、夜側ではサブストームに似た現象も観測されている。一方、地球という外圏レベルの非常に薄い大気しか存在しないため、昼間側ではion pick-up conductivityに起因する伝導度の低い電離圏、夜側では電離圏の不在が予測されており、地球磁気圏の様に、電離層電流が磁気圏電流とのクロージャーを担う機構は存在しない可能性が高い。沿磁力線電流は、磁気圏内部での力学的なバランスの崩れを輸送する非常に重要な役割を持っており、水星磁気圏でもその存在は当然予想されるが、電離圏不在の磁気圏中でどのようなクロージャーをしているのか大変興味深い。最新の地球磁気圏におけるグローバルシミュレーションの結果からも議論されているように、沿磁力線電流の近惑星領域でのクロージャーの様相（電離圏のあるなし、電離層伝導度の大小、Hall効果を練り込むか否か等）は磁気圏全体のダイナミクスの時定数や磁気圏内部でのエネルギー伝達ルートの形成に大きな影響を与えている可能性が高い。水星磁気圏においても、同様に全体のダイナミクスをコントロールする上で非常に重要な因子となっていることが予想される。

MHDの立場で言えば、アルヴェーン波によって運ばれる沿磁力線電流は絶縁体境界上では常に0であり、一様媒質中においては水星表面近傍で磁力線と垂直方向の電流に分岐する物理はなく、磁気圏のどこかで励起された沿磁力線電流は磁力線をバウンスするのみで、電流自身を励起したソースに反射波がどういうフィードバックを与えるかという物理がダイナミクスをコントロールするメカニズムの焦点となるであろう。また、非一様媒質中のアルヴェーン波はその伝播の最中に部分的に磁気音波にモード変換されるが、電流の立場から言えば、沿磁力線電流が伝わりながら垂直電流に分岐することを意味する。更に、磁気圏内で垂直電流が部分的に発生した場合、その両端では向きの異なる沿磁力線電流のペアが励起されるが、その伝搬の過程においては、沿磁力線電流ペアを結ぶ垂直電流は磁気音波の波面に対応する。電離圏での電流クロージャーが優勢な地球磁気圏ではこのような非定常な電流クロージャーは顕在化されないが、電離圏不在の水星磁気圏ではこのような非定常的な電流クロージャーが本質的な役割を果たしているかもしれない。

以上の議論はMHD的描像の下に展開されたが、水星磁気圏は地球磁気圏と比べてはるかに小さく、イオンラマー半径がそのまま磁気圏のスケールサイズに対応している領域が多い。一方電子は十分に磁化していると扱えるので、水星磁気圏は、いわゆるHall効果が至る所で顕在化する系であるともいえる。またイオンサイクロトロン波の周波数とアルヴェーン波の定在周波数が同オーダーであることから粒子のバウンス運動も相まって複雑なエネルギー交換システムが存在していることが予想される。このような系での沿磁力線電流の存在形態がどのようなものか？また、電離圏不在のシステムではジュール散逸による沿磁力線電流のエネルギーロスシステムは存在しないが、小さいミラー比から来る高エネルギー粒子の水星表面への直接落下が、それに変わるエネルギー損失メカニズムを担っているかもしれない。