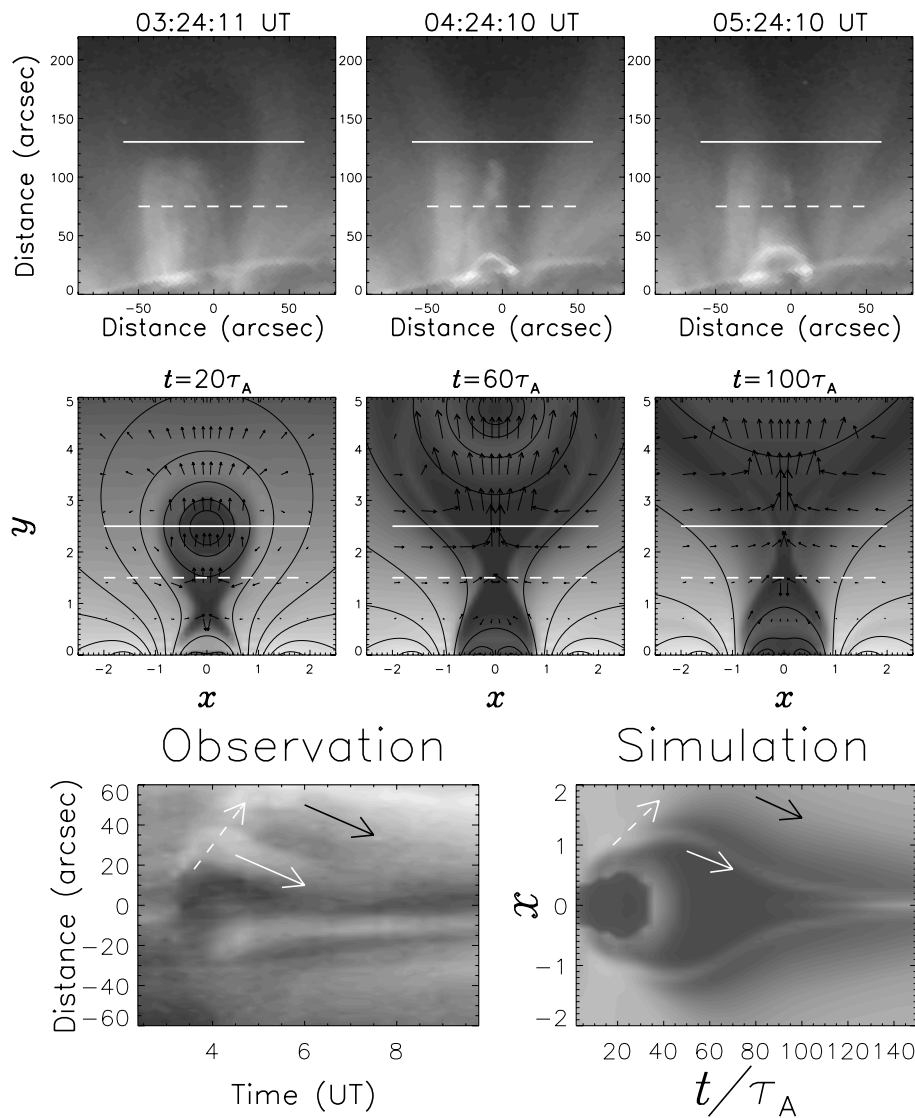


リコネクション流入流の観測の再吟味

太陽フレアのエネルギー解放メカニズムが磁気リコネクション (磁力線のつながり) であることは、40年以上前から当時の地上観測に基づいて提唱されていました。サイズの小さいコンパクトフレアは、太陽内部から浮上してきた磁場とコロナの磁場のリコネクションで説明でき、 $H\alpha$ 線で2本のリボンが観測されるような大型のフレアは、噴出するフィラメント (プロミネンス、紅炎とも呼ぶ) の下で起きるリコネクションで説明できます。またフィラメントの噴出自身も、浮上磁場とフィラメント周囲のコロナ磁場とのリコネクションがきっかけであるというモデルも提唱されています (Chen & Shibata 2000)。このようなフレアのリコネクションモデルを指示する観測的証拠としては、フレアループの外側でエネルギー解放が起きていることを示す上空の硬 X 線源や、リコネクションモデルから理論的に予測される軟 X 線噴出物、つぎつぎと磁力線がつながり変わることを示すフレアリボンやフレアループの運動などがあります。

リコネクションのより直接的な証拠は、X ポイント (磁力線がつながり変わる点) へのガスの流れ (= リコネクション流入流) の検出です。最近横山らは SOHO 衛星搭載の極紫外線望遠鏡 (EIT) の観測データから、フレアループの上空でプラズモイド (プラズマの塊) の噴出に伴い、2本の細長く明るいパターンが毎秒 5km の速さで互いに近付いて、X 型の構造を形成する様子を発見し、リコネクション流入流の証拠だとしました (Yokoyama et al. 2001)。図1の上段が EIT による極紫外線像です。このフレアは太陽の縁で起きており、暗い構造が上に上がって行くのは恐らくプラズモイドの噴出と考えられます。噴出したプラズモイドの下で明るい構造が両側から近付き、その下にはさらに明るいフレアループが見えています。

我々はこの観測結果を吟味するため、数値シミュレーション (Chen & Shibata 2002) の結果を下に、EIT で観測される極紫外線像を計算しました。図の2段目にシミュレーションの結果を示します。明るさは紫外線の強さ、実線は磁力線、矢印はプラズマの運動速度を表します。プラズモイドの噴出や、その下で細長い構造が近付き、X 型の構造を形成する様子など、EIT の観測がよく再現されています。図中の白い実線に沿った明るさの時間変化を示しているのが図の下段です。左側が EIT の観測、右側がシミュレーション結果で、どちらも明るい構造が互いに近付いているのが分かります。しかしシミュレーション結果を調べた結果、この内向きの動きは実際のプラズマの流れそのものではなく、みかけの移動速度はその場所のプラズマの流れの速度の $2/5$ 程度であることが分かりました。また、内向きに動いて見える細長い構造は、リコネクションに伴う電磁流体衝撃波 (スローショック) の上流側に位置し、熱伝導によって EIT で観測される温度 (約 150 万度) まで加熱された領域に相当していることも分かりました。紫外線像中の内向きの動きには、X ポイントが上昇することによるみかけの動きも含まれており、撮像観測からだけでは、リコネクション流入流の本当の速度を測ることはできません。このようにして本研究では、EIT で観測された構造がリコネクションの証拠であるという横山らの提案を裏付けただけでなく、観測された構造の物理的な実体を理論的に説明することができました。



上段：SOHO 衛星極紫外線望遠鏡 (EIT) による極紫外線像。中段：数値シミュレーション結果。明るさは紫外線の強さ、実線は磁力線、矢印はプラズマの運動速度をしめす。下段：白い実線に沿った明るさの時間変化。右が EIT の観測、左が数値シミュレーション。

(陳 鵬飛 記) (磯部 洋明 訳)