

植物の高速運動および記憶形成機構の解明

埼玉大学大学院理工学研究科 豊田正嗣

動く植物であるオジギソウは、指で触れると葉を順々に閉じ、最後はオジギをするように器官を屈曲させます。食虫植物であるハエトリソウは、捕虫葉の表面に感覚毛と呼ばれる機械刺激受容器官をもち、昆虫がこの感覚毛に触れると一瞬で葉を閉じます。本研究は、細胞内の Ca^{2+} 濃度変化 (Ca^{2+} シグナル) が、オジギソウおよびハエトリソウの高速運動および記憶を生み出す分子実体であるという仮説に立ち、植物の機械刺激感知・長距離情報伝達・記憶形成・高速運動機構の解明を目指します。

独自の広視野・高感度・蛍光イメージング技術および電気生理学的手法（表面電位記録法）を用いて、オジギソウの全身を駆け巡る長距離 Ca^{2+} /電気シグナルの可視化に成功しました。様々な生理学的な解析の結果、オジギソウは、接触や食害などの機械的刺激を受けると Ca^{2+} /電気シグナルを全身に伝播させ、葉を順々に閉じることを明らかにしました（図1）。さらに、薬理学的手法およびゲノム編集技術（CRISPR/Cas9）を用いて、オジギ運動ができないオジギソウを作出し、葉の運動の適応的意義を明らかにしました。 Ca^{2+} /電気シグナルによって誘発されるオジギソウの葉の運動は、外敵への物理的な防御機構として働き、捕食される量を減らしていることを解き明かしました（Hagihara, Mano et al., *Nature Communications*, 2022）。

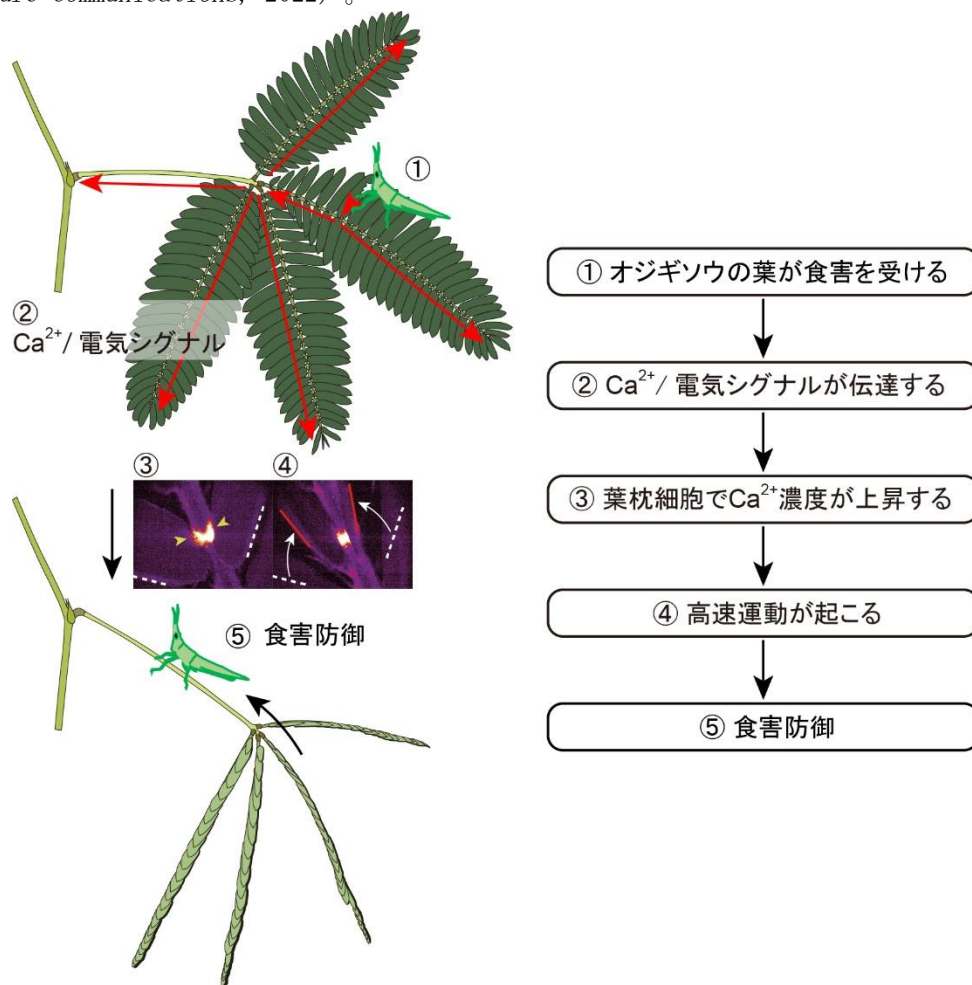


図1 オジギソウの食害防御運動モデル

2光子顕微鏡に電気生理学的手法（細胞内記録法）、レーザーアブレーションを組み合わせた解析技術を確立し、ハエトリソウが虫に触れられたことを感じるための接触センサーを解明しました。ハエトリソウの感覚毛には、機械刺激受容チャネルである Mechanosensitive channel of Small conductance 様 (MscS-like; MSL) イオンチャネル (DmMSL10) が存在します。CRISPR/Cas9 を用いて DmMSL10 を欠損させた変異体を作成し、解析したところ、*dmmls10* 変異体では接触によって感覚毛から発生する Ca^{2+} /電気シグナルが著しく抑制されていることが明らかになりました。さらに *dmmls10* 変異体では野生型に比べて昆虫の接触を感知して捕虫葉を閉じる確率が減少していることもわかりました。これらの結果は、DmMSL10 が機械刺激を感知し、葉の運動の引き金となる Ca^{2+} /電気シグナルを発生させる接触センサーとして働いていることを示唆しています。さらに詳細な解析を行い、ハエトリソウの接触感知・情報伝達モデルを提唱しました（図2）。昆虫などが感覚毛に触れると、その機械的な刺激によって DmMSL10 が活性化し、感知細胞内で脱分極（受容器電位）が起こります。この受容器電位が閾値を越えると活動電位が発生し、これが長距離 Ca^{2+} /電気シグナルとなって捕虫葉全体に伝播し、葉の高速運動を引き起こすと考えられます（Suda et al., *Nature Communications*, 2025）。

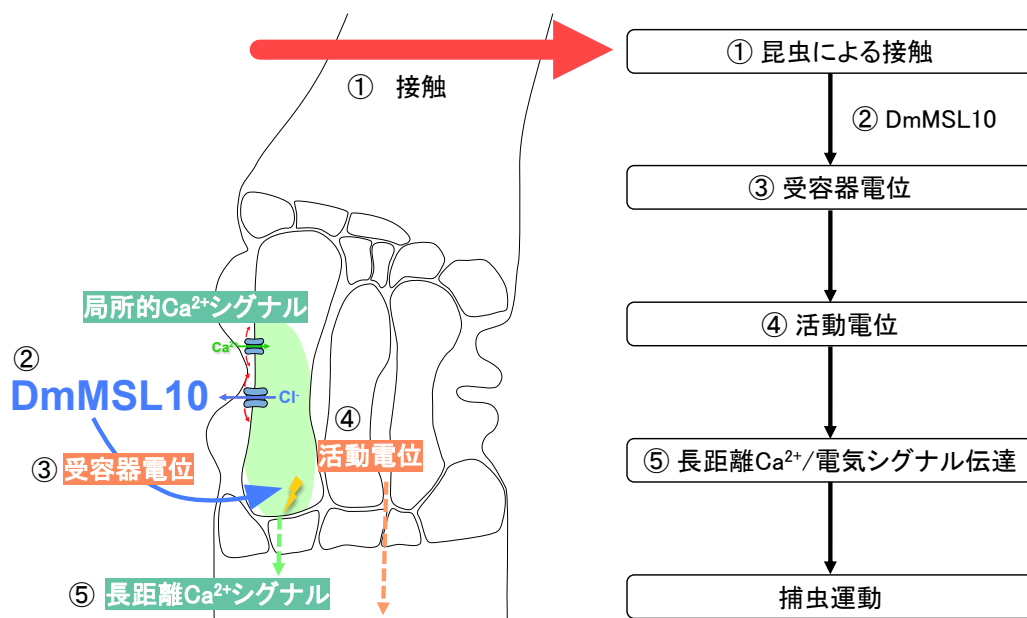


図2 ハエトリソウの接触感知・情報伝達モデル