

Napfoltcsoportok fejlődése nagy felbontásban

Muraközy Judit

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Konkoly Thege Miklós Csillagászati
Intézet, Napfizikai Observatórium, Debrecen

A legrészletesebb napfoltadatbázis, a debreceni SDD katalógus lehetőséget nyújt arra, hogy a foltcsoportok fejlődését és azok morfológiáját nagy statisztikai mintán és nagy időfelbontásban vizsgáljuk. Külön-külön vizsgálható a foltcsoportok vezető és követő részének fejlődése, kompaktága, foltjaik területe és száma, a foltcsoportok kiterjedése, mozgása. A munka ezen sajátságok statisztikai vizsgálatát ismerteti.

1. Bevezetés

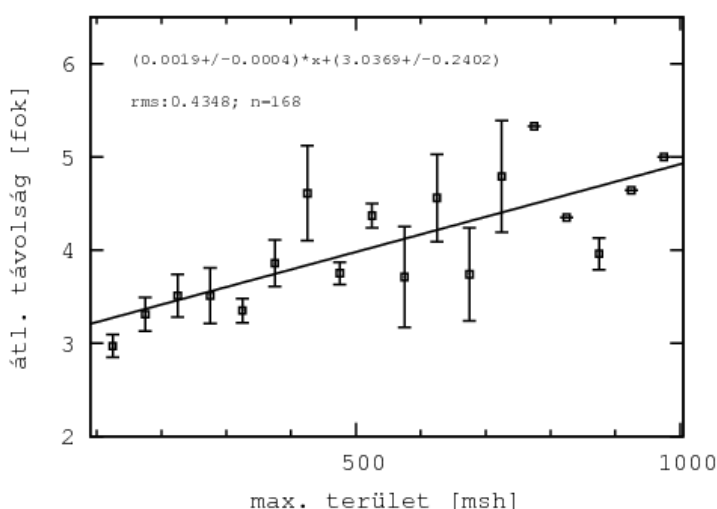
A naptevékenység a Nap mágneses jelenségeinek és eseményeinek gyűjtőneve. Ez a jelenségsor évtizedes időskálán a globális mágneses tér poloidális és toroidális geometriájának oda-vissza alakulását jelenti, ez a 11 éves tevékenységi ciklus háttere. Rövidebb időskálán a konvektív zóna alsó tartományában elhelyezkedő toroidális térből helyenként és időnként a felszínre emelkednek kisebb-nagyobb mágneses fluxuskötegek. Ezek felszínnel való metszetei az aktív vidékek, mágneses fluxushalmazok, melyek legnagyobb fluxussűrűségű elemei a napfoltok. A foltcsoportfejlődés részletei különböző fizikai folyamatokról tartalmazhatnak információkat. A felemelkedést a tórusz egyes helyein jelentkező instabilitás váltja ki, fluxuskötegre felhajtó erő hat, s a felszínre jut. A foltcsoport két ellentétes mágneses polaritású része, a vezető és követő rész felbukkanásának különböző lefolyása valamint méret- és fragmentáltságbeli különbözőségei a fluxusköteg térbeli szerkezetéről, valamint a környező mozgástérrel való kölcsönhatásokról árul el részleteket. Végül a maximum elérése utáni területcsökkenés a környező mozgástér eróziós hatását tükrözi. E fontos jelenségek tanulmányozása vált lehetővé a Napfizikai Observatórium új napfolt-adatbázisa, az SDD katalógus révén.

2. Észlelési adatok

Az SDD (*SoHO/MDI Debrecen sunspot Data*, [2]) az egyetlen olyan adatbázis, amely a foltok és foltcsoportok terület- és pozícióadatain kívül mágneses adatokat is tartalmaz, így lehetővé teszi a vezető és követő részek megkülönböztetését. Időbeli felbontása is ennek a katalógusnak a legnagyobb, kb. másfél óra, mivel az üresközt nem korlátozza a nappal és éjszaka váltakozása. Az anyag emiatt igazán alkalmas arra, hogy a foltcsoportok fejlődését és morfológiáját a legnagyobb időbeli felbontásban tudjuk nyomon követni. A katalógus a SoHO/MDI misszió teljes időtartamát (1996–2010) lefedi.

3. Vezető-követő részek távolsága

A feltörekvő fluxuskötegek fejlődését vizsgálva a vezető és követő részek távolsága a foltcsoport területével egyenes arányban nő. A legnagyobb területű állapotban ez a távolság az elért kvázi egyensúly egy jellemző paramétere lehet. E kiterjedést korábban mágneses adatok híján csak úgy lehetett vizsgálni, ha a foltcsoport hosszúság szerinti szélső adatait tekintettük, ami nyilván nem teljesen hiteles adat. Az SDD révén meghatároztuk a vezető és követő részek súlypontját és ezek távolságát vizsgáltuk. Olyan foltcsoportokat válogattunk ki, melyek a maximális területüket a centrálmeridiántól számított $\pm 60^\circ$ -on belül érik el, ez összesen 168 foltcsoportot jelent.



1. ábra Napfoltcsoportok vezető-követő távolságának függése a foltcsoportok összterületétől azok maximumában (MSH: Millionth of Solar Hemisphere)

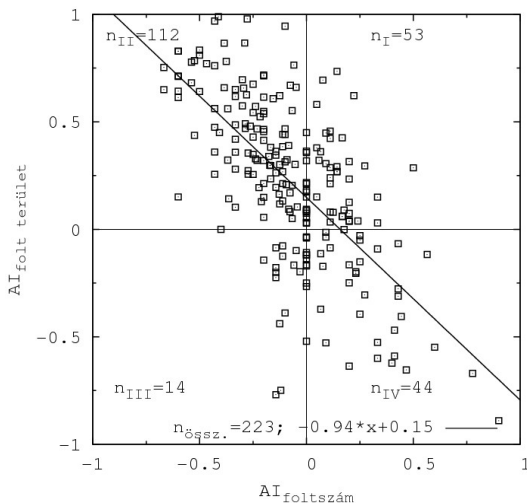
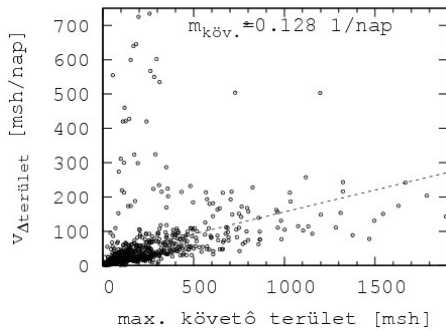
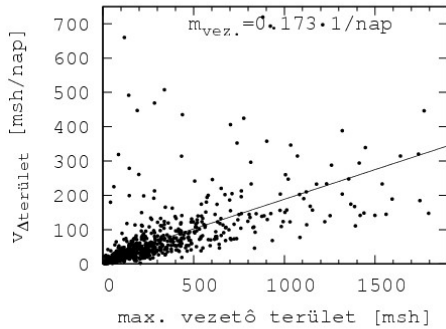
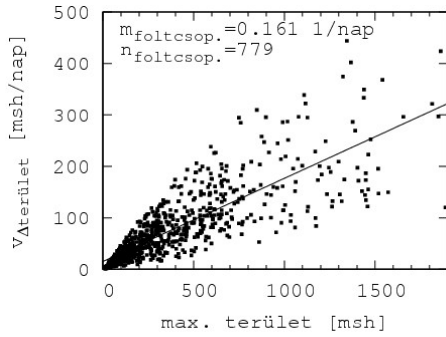
A foltcsoport maximális területe és vezető-követő részeinek távolsága lineáris összefüggést mutat, de ez igen gyenge. 100 MSH összterületnél kb 3,2°, míg 1000 MSH-nál 4,9°. Ez azt jelentheti, hogy a felszín fölötti görbült terekben jelentkező mágneses tenzió csak kis befolyással van a foltcsoportok méretének alakítására.

4. A területnövekedés mértéke

A fejlődési fázisban a foltcsoport összterületének növekedési sebességét egyszerű módszerrel vizsgáltuk: a maximális értéket osztottuk az első folt felbukkanásától a maximumig eltelt idővel. Ezzel kapcsolatban az a kérdés merülhet fel, hogy függ-e ez az adat a foltcsoport összterületétől maximális állapotában, konkrétan attól, hogy milyen méretű fluxusköteg emelkedik ki. A 2. ábra ezt a függést mutatja külön a teljes csoportra és külön-külön a vezető és követő részekre.

Mindhárom esetben lineáris összefüggés mutatkozik. A linearitás azt jelenti, hogy az ábra adatait figyelembe véve egy foltcsoport legvalószínűbb napi növekedési rátája saját aktuális területének 0,161-szerese, függetlenül attól, hogy mekkora fluxusmennyiség emelkedik ki. Ez a körülmény érdekes lehet a felemelkedés elméletei számára, hiszen a bevezetőben említett felhajtó erő bizonyára nem a szokásos, fajsúlykülönbségre épülő mechanizmus. Ez utóbbinál nagyobb térfogatú, a környezetnél könnyebb objektumok nagyobb felhajtó erőt tapasztalnak.

A vizsgálatot elvégeztem a 6. fejezetben ismertetendő görbeillesztés és meredekség-vizsgálat módszerével, és az is lineáris összefüggést eredményezett; ezeket az eredményeket itt nem tudom ismertetni.



2. ábra Foltcsoportok összterület-növekedésének mértéke a maximális összterület függvényében az egész csoportra és a vezető- követő részekre külön-külön

5. Kompaktsági aszimmetria

Egész más folyamatról, a fluxuskötegeknek a környező mozgástérrel való kölcsönhatásáról szól az a jelenség, hogy egy foltcsoport mindkét része több, kisebb-nagyobb foltra bomlik. A két rész kompaktsága között különbség van, ezt eddig csak elméletileg lehetett tanulmányozni [1]. Az új adatbázis ennek empirikus vizsgálatát is lehetővé tette. Az alábbi normált aszimmetriaindexet használjuk az N foltszámra:

$$AI_N = \frac{N_{vez} - N_{kov}}{N_{vez} + N_{kov}} \quad (1)$$

Hasonló aszimmetriaindexet lehet definiálni a vezető és követő részekben lévő átlagos folterületre (AI_T). A két index összehasonlításából azt lehet leolvasni, hogy milyen viszonyban van a vezető és követő részek kompaktsága.

A 3. ábra négy szegmensében a vizsgált 223 foltcsoport különböző kompaktsági aszimmetriájú eseteinek száma van feltüntetve. Láthatóan a legtöbb eset a bal felső szegmensbe esik (112 foltcsoport), ezekben a csoportokban kevesebb, de átlagosan nagyobb folt van a vezető részben, mint a követőben. Ennél is érdekesebb azonban az a körülmény, hogy a pontseregbe illesztett egyenes a 0,15 értéknél metszi a függőleges tengelyt, ami azt jelenti, hogy azonos

3. ábra Az (1) formulával definiált aszimmetriaindex összehasonlítása a vezető és követő részekben lévő foltokra (vízszintes tengely) és e részekben lévő foltok átlagos területére (függőleges tengely)

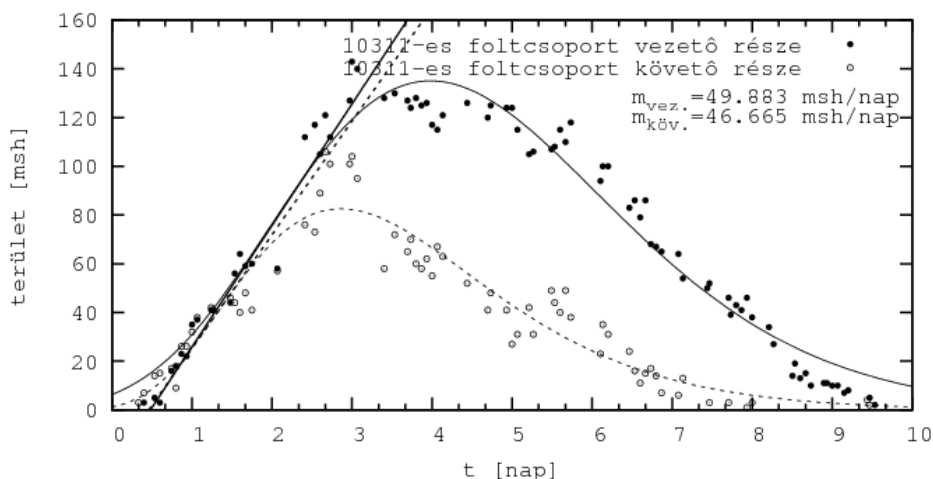
foltszám esetén a folterület-aszimmetria valószínű értéke 0,15. Ez úgy lehetséges, ha a vezető részben a foltok kb. 35%-kal több mágneses fluxust koncentrálnak magukba, mint a követő részben. Az eredményt tanulságos összehasonlítani Yamamoto [3] eredményével, mely szerint a magnetogramokon mért aszimmetria fordított irányú: a vezető rész területe kisebb, mint a követő részé, ami más szavakkal azt jelenti, hogy a vezető részben kevesebb fluxus van jelen a foltok körül található laza fluxushalmazokban. Ezt jelenti a mi eredményünk is más megközelítésben.

6. Fejlődési profilok analitikus vizsgálata

A foltcsoport-fejlődés tömeges tanulmányozása megfelelően választott analitikus függvény illesztése, és az illesztési paraméterek statisztikai vizsgálata révén is lehetséges. A következő aszimmetrikus Gauss-függvényt választottuk:

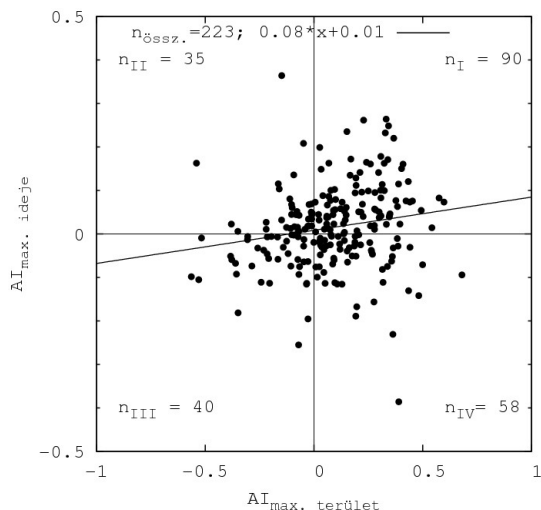
$$f(t) = H \exp\left[-\frac{t-t_M^2}{D14t-t_M}\right] \quad (2)$$

Olyan foltcsoportokat válogattunk, melyek a napkorongon éltek le az „életüket”; ezekből az SDD katalógus 223-at tartalmaz.



4. ábra A NOAA 10311 foltcsoport vezető és követő részének fejlődési görbéi

A vezető és követő részek maximum-viszonyainak négy esete lehetséges aszerint, hogy melyikük magasabb illetve korábbi. A 4. ábra a leggyakoribb viszonyra mutat egy példát, melyben a vezető rész maximuma később van és nagyobb. A görbék legnagyobb meredekségét az adott pontokra illesztett egyenesek jelzik. Egy további aszimmetriasajátságot mutatnak az 5. ábrán. Az ábrából az látszik, hogy a leggyakoribb eset az, hogy a vezető rész maximuma nagyobb és későbbi. Ezek és a 3. ábra által jelzett az aktív vidékek vezető-követő viszonyainak jellemzői.



5. ábra Aszimmetriaindexek összehasonlítása a vezető-követő maximumok nagyságára és idejére

Köszönetnyilvánítás

The research leading to these results has received funding from the European Commission's Seventh Framework Programme (FP7/2007–2013) under the grant agreement eHeroes (project no. 284461, www.eheroes.eu).

Irodalom

- [1] Fan Y., Fisher G.H., DeLuca E.E. (1993): The origin of morphological asymmetries in bipolar active regions. *Astrophysical Journal*, Vol. 405, pp. 390–401
- [2] Győri L., Baranyi T., Ludmány A. (2011): Photospheric data programs at the Debrecen Observatory. *Proc. IAU Symposium 273*, pp. 403–407
- [3] Yamamoto T.T. (2012): The area asymmetry in bipolar magnetic fields. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 539, id. A13