

ILLÉS ERZSÉBET
MTA Csillagászati Kutató Intézete

HULLÁMOK LÉTÉRE UTALÓ VÁLTOZÁSOK A SEMLEGES FELSŐLÉGKÖR SŰRŰSÉGÉBEN

Modelljavító munkánk során, amelyet évek óta a francia CACTUS mikroakcelerométer in situ méréseire alapoztunk, eljutottunk oda, hogy a mérésekből kivonva a javított COSPAR-modell értékeit lényegében már csak "fehér zaj" maradt vissza. Ez azt jelenti, hogy minden olyan folyamatot, amely a semleges felsőlégkörben "átlagos viselkedésként" leírható a geomágneses effektussal kapcsolatban, sikerült tisztázni. A maradékok 10-15% körüli átlagos szórása, vagyis a "fehér zaj" azonban lényegesen meghaladja az 1-2 %-os mérési pontosságot. Ezzel a 10-15%-os egyenletes "vonalkiszéledéssel" kapcsolatban már korábban felvettem azt a hipotézist [1,2], hogy a semleges légkörben mindenütt és mindig jelenlévő sűrűségi hullámok hozhatják létre. Ezek lehetnek például a középső légkörből a felsőlégkörbe feljutó belső gravitációs hullámok, amelyeknek a periódusa kb. 5 perctől 12 óráig terjedhet. Ha ilyenek valóban eljutnak a felsőlégkörbe is, akkor érthető, hogy még a legjobb modellek esetén is nagyon gyakran előfordul 10-15%-os eltérés a mérésektől; vagyis a pontosabb modellek készítésének ez szab határt [3].

A 200 km feletti felsőlégkör gravitációs hullámait eddig részletesebben csak az ionoszféra paramétereiben tanulmányozták. Miután az alsó és középső légkörben e hullámok a semleges komponensben mérhetők (sűrűségben, hőmérsékletben vagy a szélességben jelentkező periodikus változásként), a két különböző légköri tartományban mért eredmények közvetlenül nem, hanem csak modelleken keresztül hasonlíthatók össze. Ezért is lehet jelentősége egy részletes vizsgálatnak a semleges légköri gravitációs hullámokat illetően a 200-700 km közötti magasságintervallumban.

A CACTUS anyag egyrészt nagyon alkalmas lehet e vizsgálatokra, mert elég pontos, 4 év időintervallumot és 270 km felett több mint 400 km magasságintervallumot fog át, másrészt hiányossága, hogy csak a $\pm 30^\circ$ -os szélességi sávra korlátozódik, tehát a felsőlégköri hullámforrások közül a legfontosabbnak tartott aurora electrojet közvetlen hatásának vizsgálatára nem alkalmas.

Az általam áttekintett irodalom szerint az erre a magassági tartományra vonatkozó semleges légköri gravitációs hullámok vizsgálatát eddig az Explorer 32, az ESRO 4, az AE-C, a CACTUS, és a DE-2 mérései alapján végezték, általában rövidebb időre vagy esettanulmányra korlátozódva. A vizsgálatok mindegyik esetben egy-egy vonulás észlelési anyagában magának a sűrűségi hullámnak a kimutatására törekedtek esetenként Fourier analízissel. A miénkhez hasonló statisztikai vizsgálati módszerrel nem találkoztam. A vizsgálatok alapján megállapították, hogy ebben a tartományban is léteznek hullámok, hogy főleg késő este és kora reggel jelentkezik a hullámtevékenység, az amplitúdó pedig az összsűrűségben elérheti az 50%-ot. A hullámok észak-dél vagy dél-észak irányba ter-

jednek, maximális horizontális hullámhosszuk néhány száz vagy néhány ezer km között van, függőleges félhullámhosszuk például 286 km magasságban 1 km, 510 km magasságban 70 km. Megállapították továbbá, hogy geomágneses viharok idején nagyobb a hullámaktivitás, de növekedés nemcsak geomágneses tevékenység idején fordul elő.

Jelen dolgozatban azokról a kutatásokról számolunk be, amelyeknek célja volt tisztázni, hogy a maradékok szórása megfelel-e azoknak az jellemzőknek, amelyekre a középső légkörben már elég alaposan tanulmányozott gravitációs hullámokkal kapcsolatban számítunk. Ha ugyanis a középső légkörből terjednek a hullámok felfelé, akkor elvárhatjuk, hogy az ott tapasztalt tulajdonságokkal rendelkezzenek. A feltételeket Bencze Pál fogalmazta meg [3], s ezek a következők:

- 1./ A hullámok amplitúdója és fázisa változik a magassággal.
- 2./ A hullámaktivitás kis szélességen az évszaktól is függ, minimális a hullámtevékenység a tavaszi és őszi időszakban, maximális nyáron és egy alacsonyabb maximum van télen is.
- 3./ Nagyon nagy változékonyság van az amplitúdóban, ahogy egyik napról a másikra térünk át.

Feltételezve tehát, hogy a maradékoknak a mérési pontosságnál nagyobb szórását, vagyis a görbék "kiszélesedését" a gravitációs hullámtevékenység okozza, a szórást vizsgáltuk, mint a különböző paraméterek függvényét. A megfigyelési anyagból a nyugodt és a geomágnesesen zavart időszakokat a [2]-ben leírtak szerint válogattuk ki a Dst görbe alapján, mégpedig a zavart napok közé a Dst minimumok utáni első, második, harmadik és negyedik 24 óra anyagát vettük be. A nyugodt és a zavart anyagra külön-külön konstruáltunk meg minden görbét.

Az 1. ábrán a szórást a magasság függvényében ábrázoltuk a csoport összes mérési pontjára (total). Nyugodt és viharos esetben is a magassággal meredeken csökken a szórás, majd 270-500 km között csaknem állandó marad, ezután újra nő. A nyári és a téli észleléseket különválasztva a tendencia megmarad, de valóban a 2. feltételnek megfelelő módon mind a nyári, mind a téli szórás nagyobb, mint az egész évre vonatkozó, ami azt mutatja, hogy a hullámtevékenység a tavaszi-őszi időszakban kisebb. A nyári amplitúdók nagyobbak, mint a téliek – szintén a várakozásnak megfelelően. Ez a különbség nyugodt időszakokban nagyobb.

A csoportok összes mérését földrajzi szélesség szerint szétválasztva nagyobb amplitúdót kapunk az egyenlítő közelében, mint nagyobb szélességen – ahogy ezt a 2. ábrán látni lehet.

A 3. ábra a szórást, mint a helyi idő függvényét mutatja különböző magassági intervallumokban. Nyugodt és zavart esetben is a 3. feltételnek megfelelően viselkednek a görbék, vagyis a magassággal egyre korábbi helyi időre tolódik a napi menet maximuma, ami megfelel a középső légkörből felfelé terjedő hullámtevékenységnek. A maximum magassága is ennek megfelelően először csökken a magassággal. Azonban nyugodt időben 325-350 km körül, zavart időben pedig 450-500 km környékén magasabb maximumok jelentkeznek, ahonnan felfelé újra csökken a maximumok magassága. Bencze Pál szerint a magasabb maximumok hullámforrás jelenlétére utalnak az említett magasságokban [3]. Ez azt jelzi, hogy a középső légkörből feljutó hullámokon kívül a termoszférában is található hullámforrás.

A 4. ábra a változékonyságot van hivatva bemutatni az egymás utáni napok összes észlelésének maradékait ábrázolva. Két időintervallum napjaira látjuk itt az összes maradékot – a baloldali képmezőben a teljes magasságintervallumra, a tőle jobbra lévő három képmező ennek a magasságintervallumnak az egyes összetevőire mutatja a szórását. Látható, hogy egyik napról a másikra nagy változás van a "vonalkiszélesedésben". Különösen jól mutatják ezt az 1976. márciusi görbék. A szórás nagy változékonyságát mutatja az 5. ábra is, amelyen 3 időintervallumra a maradékok számolt szórását, mint az idő függvényét látjuk.

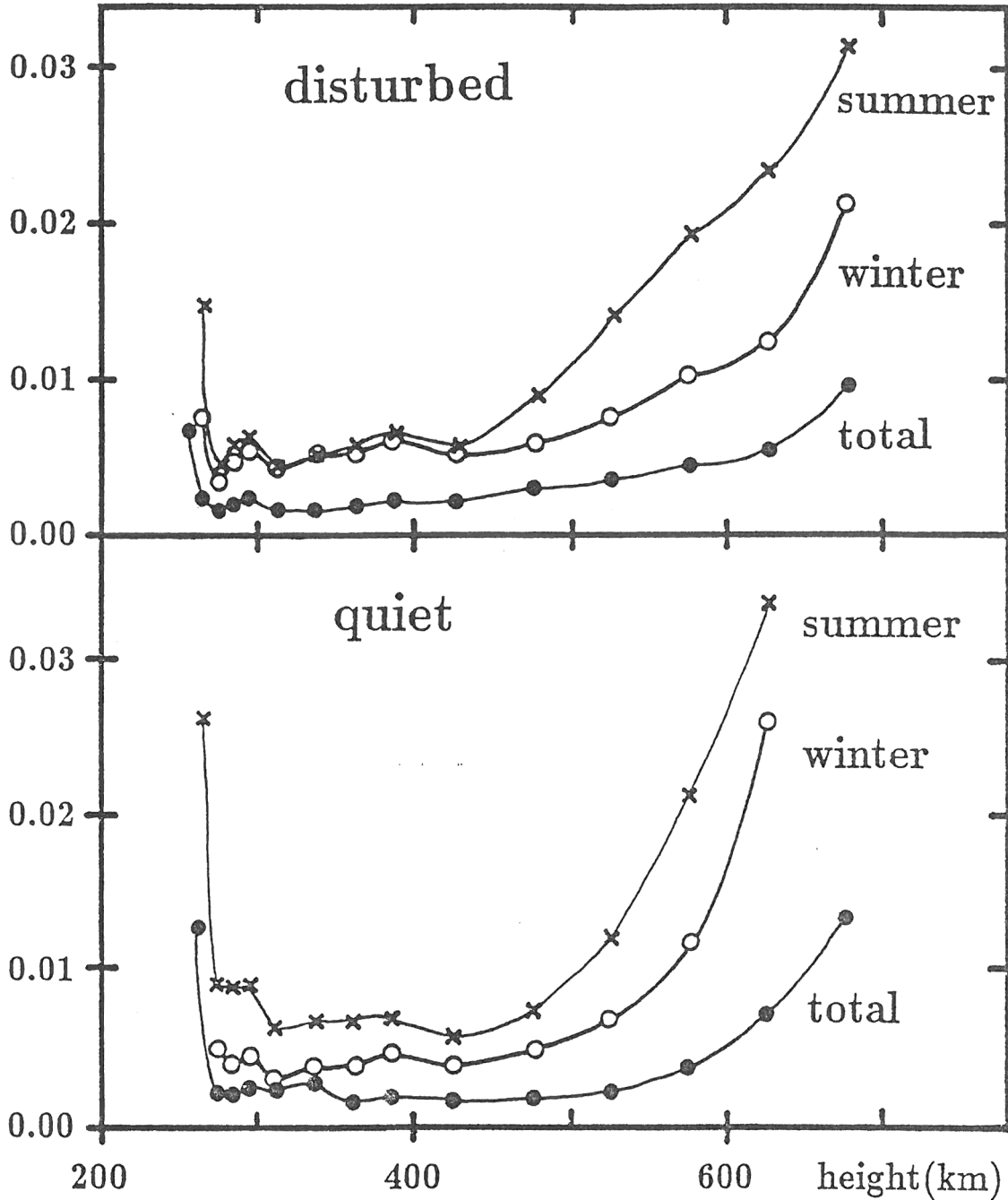
Összefoglalva megállapítható, hogy vizsgálataink egyrészt igazolták, hogy a maradékok szórása valóban olyan tulajdonságokkal rendelkezik, mint amilyeneket légköri gravitációs hullámoktól elvárunk. Jogos volt tehát az a hipotézis, hogy a középső légkörből feljutnak gravitációs hullámok a felsőlégkörbe. Másrészt rámutattak arra, hogy magában a felsőlégkörben is van hullámforrás.

Köszönetemet fejezem ki Almár Ivánnak, Bencze Pálnak, Ill Mártonnak és Nuspl Jánosnak a hasznos diszkuszióikért, Nagy Máriának a szükséges programok és a számítások, Decsy Pálnak a kézirat és az ábrák elkészítéséért.

Irodalom

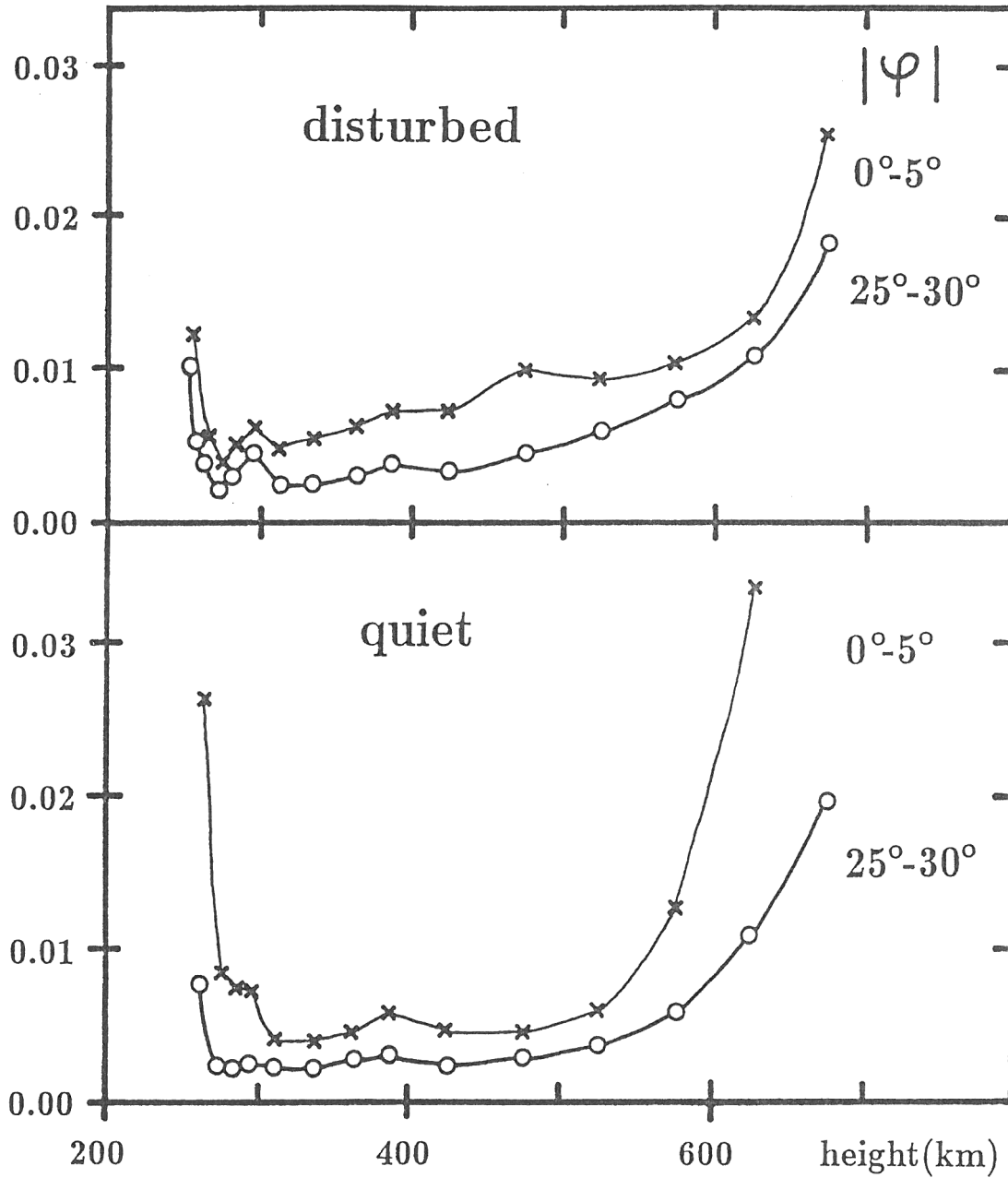
1. E. Illés-Almár, Separation of the atmospheric geomagnetic effect of auroral and ring current origin on the basis of their diurnal course II. Poster paper on Session 3.15+5.5, IUGG IAGA 7-th Scientific Assembly, Buenos Aires, 8-20 Aug. 1993. Iaga Bull. No. 55. p. 23.
2. Illés Erzsébet, Újabb eredmények a felsőlégkör kutatásában, XIX. Ionoszféra és Magnetoszféra Szeminárium, pp. 65-83, Budapest, MANT, 1994.
3. E. Illés-Almár, I. Almár and P. Bencze, Observational results hinting at the coupling of the thermosphere with the ionosphere/magnetosphere system and with the middle atmosphere, Adv. Space Res. 18, 345-348, 1996.
4. Bencze Pál, A légköri hullámok keletkezése és terjedése, Ugyanebben a kötetben, 1995.
5. W.K. Howking, Dynamical coupling between the middle atmosphere and lower ionosphere, Leadva a J.A.T.P. részére, 1995.
6. K.K. Harris, G.W. Sharp and W.C. Knudsen, Gravity Waves observed by ionospheric Temperature measurements in the F region, JGR, 74, No.1, pp. 197-204, 1969.
7. G.P. Newton, D.T. Pelz and H. Volland, Direct in situ measurements of wave propagation in the neutral thermosphere, JGR 74, No 1, pp. 183-196, 1969.
8. G.W. Prölss and U. von Zahn, Large and small scale changes in the disturbed upper atmosphere, Preprint, 1975.
9. P. Touboul, A. Bernard, F. Barlier, C. Berger, Air drag effect on gradiometer measurements. Preprint, 1992.

scatter in $(\varrho^{\text{CAC}} - \varrho^{\text{hMSIS}}) / \varrho^{\text{hMSIS}}$

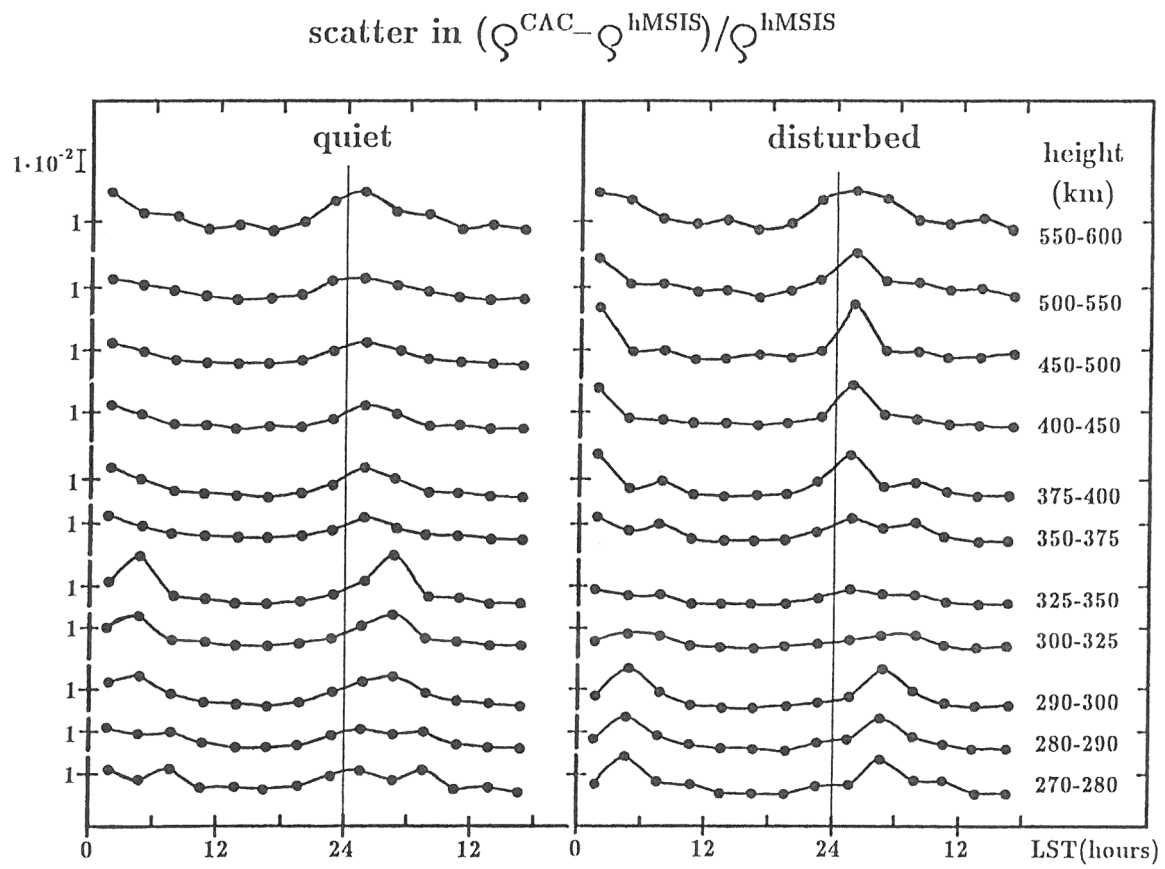


1. ábra A maradékok szórásának magassághüggése egész év (total), illetve nyár (summer) és tél (winter) észlelési anyagából geomágnesesen zavart (disturbed) és nyugodt (quiet) időszakokra.

scatter in $(\varrho^{\text{CAC}} - \varrho^{\text{hMISIS}}) / \varrho^{\text{hMISIS}}$

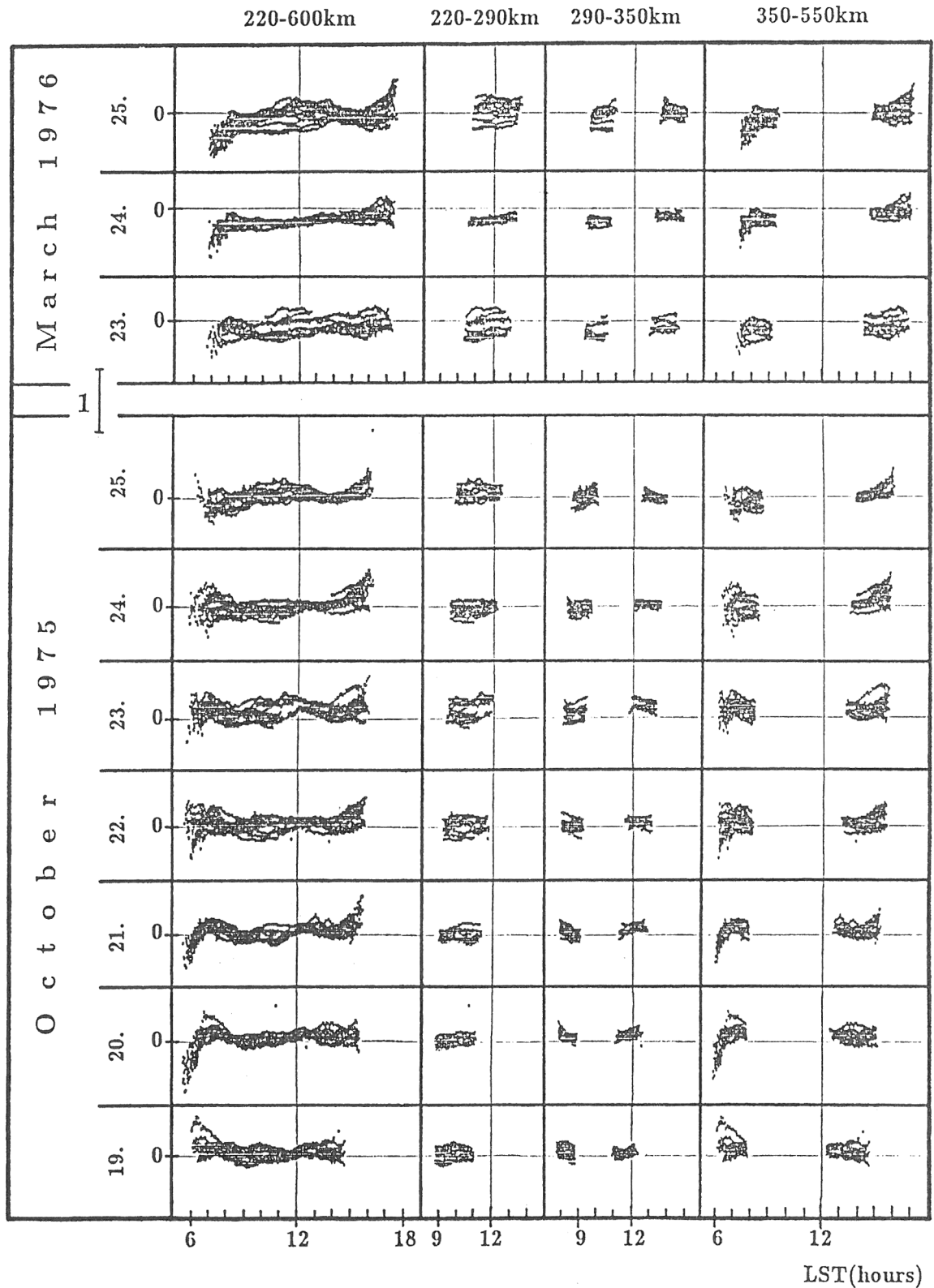


2. ábra A maradékok szórásának magassággfüggése alacsonyabb és magasabb földrajzi szélességekre.



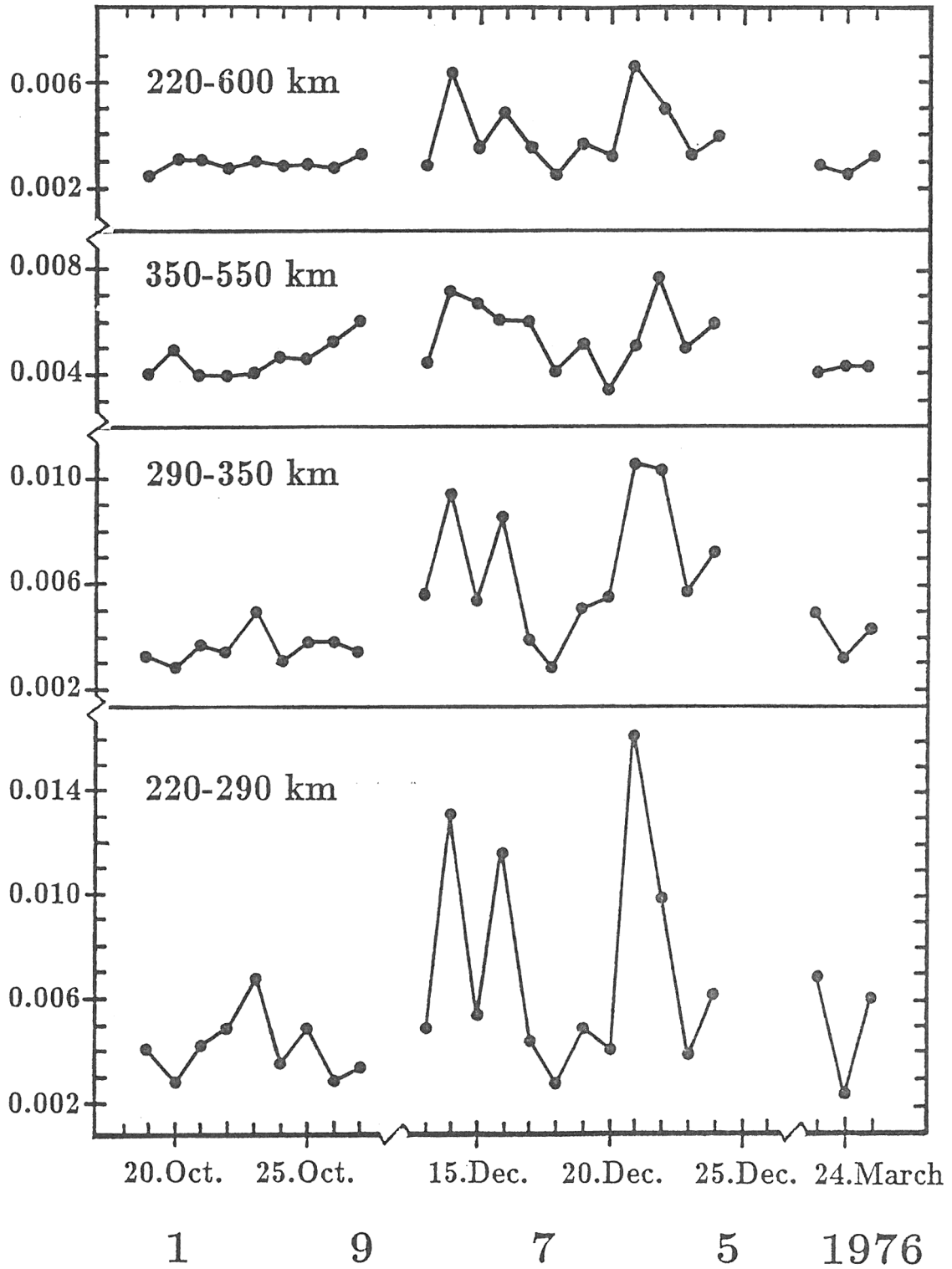
3. ábra A maradékok szórásának helyi idő függése különböző magassági intervallumokra.

$$\left(\rho^{\text{CAC}} - \rho^{\text{hMSIS}} \right) / \rho^{\text{hMSIS}}$$



4. ábra A momentán maradékok helyi idő függése egymás utáni napokon a "vonalkiszélesedés" napi változásának a bemutatására.

scatter in $(\varrho^{\text{CAC}} - \varrho^{\text{hMSIS}}) / \varrho^{\text{hMSIS}}$



5. ábra A maradékok napi átlagszórásának változása az idő függvényében.