



Változócsillagok

A CI Aquilae 2000. évi kitörése

Bevezetés

Idén májusban egy ritka változócsillag-típus, a visszatérő nóvák osztálya gazdagodott egy új taggal. Mint arról a Meteor 2000/6. számában már röviden beszámoltunk, a CI Aquilae (Nova Aquilae 1917) második dokumentált kitörését Kesao Takamizawa japán amatőrcsillagász fedezte fel 2000. április 28,67 UT-kor készített fotókon. A korai színeképfelvételek egyértelműen megmutatták, hogy a kitörést egy nóvarobbanás okozta, míg a pontos asztrometriai mérések rámutattak az „új” csillag és a CI Aql azonosságára. Cikkünk célja ezen egzotikus objektum részletes bemutatása kis- és közepes felbontású színeképfelvételek, ill. a vizuális fénygörbe vizsgálatán keresztül.

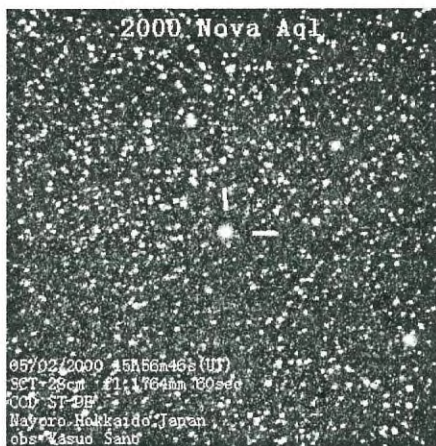
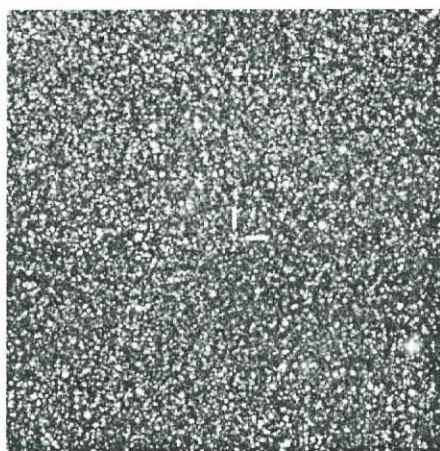
A CI Aquilae előélete

A CI Aquilae első kitörését 1917-ben fedezték fel fotografikus úton. K. Reinmuth $11^m,0$ -s maximumfényességet állapított meg néhány lemez alapján. A közölt $4^m,6$ -s fel-fényesedés, valamint a későbbi kitörések hiánya alapján a CI Aql-t vagy a klasszikus nóvák, vagy a nagyon hosszú ismétlődési idejű törpe nóvák közé sorolták. Az 1990-es évek elején az utóbbi klasszifikáció lehetőségét elvetették, mivel a minimumában 16^m körüli csillag színeke nem tartalmazott hidrogén emissziós vonalakat (ami a törpe nóvák nyugalmi spektrumának egyik legfontosabb jellemzője). Nemrégiben, éppen az idejű kitörés kapcsán, a harvardi fotólemezeken újra kimérték az 1917-es kitörés fénygörbéjét, és azt találták, hogy Reinmuth közlésével ellentétben a 83 évvel ezelőtti maximum $8^m,6$ -s fényességnél következett be.

Két amerikai kutató 1995-ben fedezte fel, hogy az akkor 15^m és 16^m között tartózkodó CI Aql fedési kettőscsillag, amit a 0,618355 naponként bekövetkező fedési minimumok jeleztek. Mivel a három évet lefedő fotometriai méréseik nem mutatták az ún. flickering jelenségét (véletlenszerű fényességingadozások, melyeket a katalizmusos változócsillagok tömegátadási folyamatai okoznak az akkréciós korong forró feltja környékén), arra a következtetésre jutottak, hogy ha a CI Aql esetleg visszatérő nóva, akkor 1995-ben minimális volt a komponensek közötti kölcsönhatás.

A visszatérő nóvák a katalizmusos változócsillagok egy ritka alfaját alkotják. Évtizedes időskálán ismétlődő 7–10 magnitúdós kitöréseket mutatnak, amelyek néhány hét, néhány hónap alatt el is múlnak. Kölcsönható kettőscsillagok, masszív fehér törpe főkomponenssel, ill. általában óriás másodkomponenssel. A kései típusú (K-M) másodkomponens folyamatosan anyagot ad át a fehér törpének, ami egy akkréciós korong közvetítésével veszi fel az általában főleg hidrogénből álló külső anyagmeny-

nyiséget. A fehér törpe felszínéhez közel az anyag gyűlésével párhuzamosan igen magas hőmérséklet és nyomás alakul ki, ami termonukleáris túlfutáshoz vezethet, azaz az akkréciós korong alja és a fehér törpe felszíne egy gigászi hidrogénbombához hasonlóan felrobban. Az elméletek szerint az emberi időskálán lejátszódó ismétlődéshez a fehér törpének közel kell lennie a Chandrasekhar-határhoz (általában $1,3 M_{\odot}$ vagy valamivel nagyobb tömegű), illetve a másodkomponensnek is megfelelő sebességgel kell átadni a „fölös” tömegét a belső Lagrange-ponton keresztül (l. még a Csillagok távcsővégen, valamint az AmatőrCsillagászok kézikönyve változós fejezetének vonatkozó részeit). A kettős rendszer keringési periódusa alapján három osztályba lehet sorolni a visszatérő nóvák osztályának nagyjából 10 tagját (T Pyx, U Sco és T CrB). A 0,618 napos periódus az U Sco altípusra jellemző (V394 CrA, LMC-RN, U Sco), ahol a nyugalmi állapot akkréciós korongja főleg héliumból van, az orbitális periódus 1 nap körüli, míg a vörös óriás másodkomponens minimumban látszik az optikai színekben is. A kitörések fénygörbéi nem ismétlődnek szigorúan, ami a kölcsönhatás kitérésről kitérésre különböző erősségét jelzi.



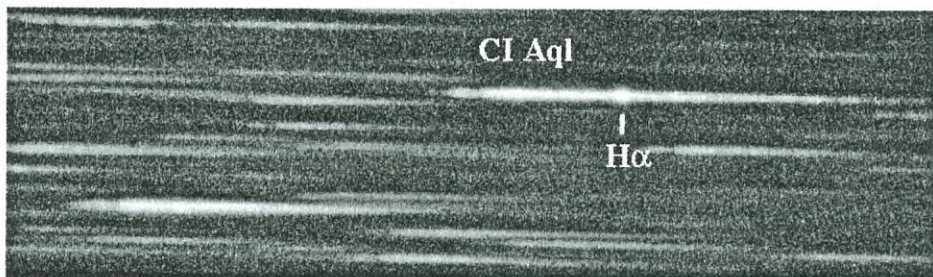
A CI Aql a DSS felvételén (balra), ill. Yasuo Sano május 2-ai CCD képén (jobbra)

A CI Aql 2000. évi kitörését Kesao Takamizawa fedezte fel két T-Max 400-as felvételen, amiket április 28,669 és 28,673 UT-kor készített. Tőle függetlenül Minoru Yamamoto is megtalálta, míg az első kifelbontású színeképek április 29,6 UT-kor erős $H\alpha$ emissziót mutattak. A csillag megfigyeléseibe május 3/4-én kapcsolódtunk be, amikor Jim Thomson, a Richmond Hill-i (Kanada) David Dunlap Observatory (DDO) lelkes teleszkóp-operátora a szerző kérésére elkészítette az első színeképfelvételeket az obszervatórium 1,88 m-es távcsövével. Ezt követően még 13 éjszakan végeztünk megfigyeléseket, amiből 5 éjjel az MTA CSKI Piszkés-tetői Obszervatóriumának 60/90/180 cm-es Schmidt-távcsövét és az 5° -os objektívprizmát használtuk. A megfigyelés-sorozatból levont néhány egyszerű következtetés bemutatása a legfontosabb célunk.

Megfigyelések

Mint említettük, összesen 14 éjszakán végeztünk spektroszkópiai méréseket. A DDO nagyműszerét Jim Thomson, valamint a májusban tanulmányi útján éppen ott tartózkodó Waldemar Ogloza (Krakkói Pedagógiai Egyetem) használta, összesen 9 alkalommal 2000 májusában és júniusában (május 3. és június 27. között). Mivel a DDO Toronto belvárosától kb. 25–30 km-re található, a közeli világváros fényszennyezése megakadályozta a finom spektrofotometriai igényű kalibrációkat, csak normált spektrumokat tudtunk felvenni. Általában 20 nm széles spektrumtartományokat rögzítettünk, a színekép kéktől a vörösig terjedő tartományában különböző központi hullámhosszaknál (ezek a megfigyelések tulajdonképpen a DDO fő észlelési programjának szüneteiben készültek, ezért nem „válogathattunk”).

Május végén a piszkés-tetői objektívprizmás észlelések következtek, amelyekben a szerzőn kívül Fűrész Gábor és Sziládi Katalin, a Szegedi Tudományegyetem negyedéves csillagász hallgatói vettek még részt. A május 26–31. közötti öt éjszakán néhány felvételt készítettünk, amelyekből az egész látható tartományt lefedő kislebontású spektrumot tudtuk meghatározni.



A CI Aql objektívprizmás CCD felvétele. A „kígyó által lenyelt egér” (a bejelölt legerősebb emissziós vonal) a hidrogén Balmer-sorozatának alfa vonala.

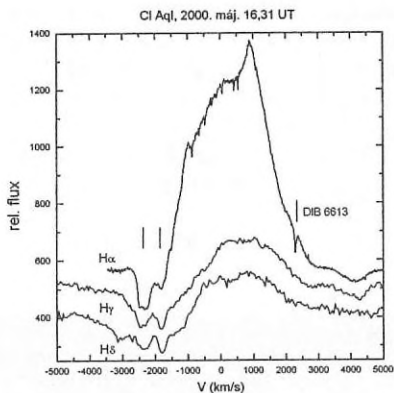
Színképi jellemzők, a csillag vörösödése

A következőkben néhány érdekes egyedi színképet mutatunk be. Ezek többnyire egy-két jellegzetes spektrumvonal nagyfelbontású profiljait mutatják, amelyekből pl. nagy pontossággal meg lehet határozni a robbanás által ledobott gázhéj tágulási sebességét. Ezt láthatjuk a következő ábrán, ahol a $H\alpha$, $H\gamma$ és $H\delta$ vonalak DDO-beli színképvonalait mutatjuk be.

Két fő elnyelés látszik -1800 és -2400 km/s-s radiális sebességnél, azaz feltehetően egy olyan kettős gázhéj dobódott le, amelyik egy gyorsabb és egy lassabb komponenssel rendelkezik. A „DIB 6613” egy ún. diffúz intersztelláris sáv, ami egy olyan elnyelési vonal, ami nem a csillag fényéből, hanem a földi megfigyelőig tartó csillagközi tér ritka anyagának elnyeléséből származik. Mint majd látni fogjuk, megjelenése és relatív erőssége arra utal, hogy a CI Aql fényét erősen elnyeli a csillagközi anyag.

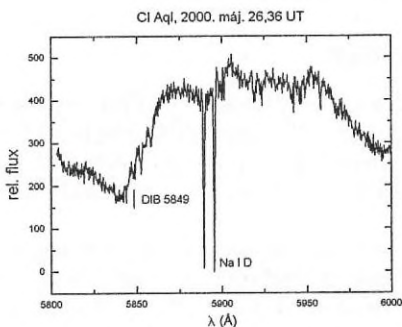
Ugyanerre a következtetésre juthatunk, ha megnézzük a Na D vonalat, amit minden kedves Olvasó ismer, aki már látta a köznapi láng sárga színét... Itt is felfedezhetjük a „szokásos” P Cygni-profil, habár a rendkívül széles emissziós gerincet elke-

ni egy közeli He vonal jelenléte. Nem is a P Cygni jelleg az érdekes itt, hanem a közepén látható két igen erős, ugyanakkor nagyon keskeny elnyelési vonal. Ezek ugyanis szintén nem a CI Aql közvetlen környezetében, hanem a csillagközi anyagban létrejött interstelláris vonalak. Erősségük alátámasztja a DIB 6613 által sugallt erőteljes csillagközi abszorpciót.

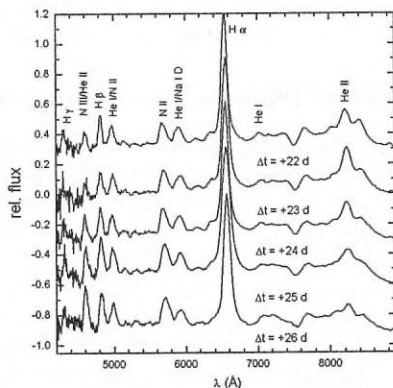


Hidrogén vonalprofilok. A széles emissziós csúcsok rövidebb hullámhosszú oldalán jól látszanak a jellegzetes P Cygni-profil létrehozó abszorpciós gödrök, amelyeknek a laboratóriumi hullámhosszhoz viszonyított eltolódása éppen a gázfelhő tágulási sebességét adja meg

A teljes látható tartományt öt napon keresztül sikerült detektálni, mégpedig a pikés-tetői objektívprizmás képek segítségével. Az erős hidrogén emissziós vonalak ($H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$) mellett főleg a hélium (semleges és egyszeresen ionizált) és a nitrogén (egyszeresen és kétszeresen ionizált) vonalaikat sikerült azonosítanunk. Mindezek megszokottak egy 1992-ben lefektetett osztályozási rendszer „He/N” típusánál (értelmezését a cikk végén adjuk meg).



A nátrium D vonal. A „DIB 5849” is egy diffúz interstelláris sávot jelöl



A CI Aql teljes optikai színeképe

A legtöbb színekép a $H\alpha$ vonal-profiljának időbeli fejlődését célozta meg. Mind a kilenc DDO-beli éjszakán készült $H\alpha$ -észlelés, melyeket a következő oldalon látha-

tunk. Az egyedi színképek mellett szereplő értékek a fényesség maximumtól eltelt napok számát mutatják. A korai közel szimmetrikus vonalprofil először felváltotta egy erőteljes P Cygni-profil, ebben a szakaszban a viszonylag sűrű gázfelhőt látjuk, amint a látóirányban a tágulási sebességgel eltolódva elnyeli a központi csillag fényét. Később ez eltűnik (kb. 3 magnitúdónyi halványodás után), és megjelenik egy jellegzetes kétsúcú emissziós vonal. Ez egy olyan tengelyszimmetrikus anyagfelhőre utal, ami a pályasíkra közel merőlegesen dobódott ki (ne feledjük, a CI Aql fedési rendszer is, azaz gyakorlatilag a pályasíkból látunk rá).

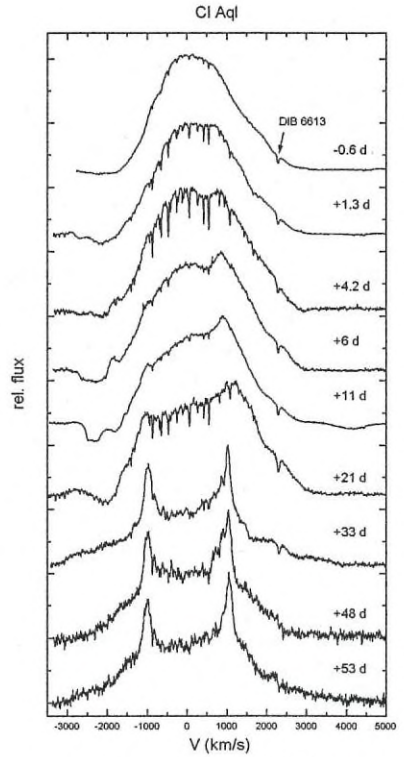
Már az IAU Circularokban közölt B-V színindexek is jelezték (0,70 körüli értékek), hogy a CI Aql fénye jelentősen vörösödött a csillagközi anyagon való áthaladást követően. Mivel benne vagyunk a Tejútban, ez nem is meglepő, hiszen a csillagközi por és gáz közismerten a galaktikus fősík mentén koncentráldódik. Szerencsére a több helyen említett interstelláris vonalak (DIB 5849, DIB 6613, Na D interstelláris komponens) erősségei viszonylag jól korrelálnak a vörösödést leíró ún. szín-excesszussal, amit $E(B-V)$ -vel jelölnék, definíciója pedig

$$E(B-V) = (B-V) - (B-V)_0,$$

ahol $(B-V)$ a megfigyelt, $(B-V)_0$ pedig a csak elméletileg meghatározható vörösödésmentes színindex (hasonló a jelenség a napnyugtakor tapasztalható vörösödéshez, amikor a lenyugvó Nap fényéből a kék komponens teljesen kiszóródik a földi légkörön való áthaladás közben). Különböző szakirodalmi kalibrációk alapján a CI Aql szín-excesszusa $0,85 \pm 0,3$ magnitúdó, ami a vizuális tartományban 2,6 magnitúdónyi teljes abszorpciónak (pontosabban extinkciónak, de ez nem érdekes) felel meg. Ez alapján, ha nem lenne csillagközi anyag a Föld és a CI Aql közötti térben, akkor a maximális fényessége nem 9^m , hanem $6,4$ lett volna!

Az 1917-es és a 2000-es kitörés összehasonlítása

A felvett színképek fotometriai fázisát, azaz a halványodási állapothoz való kapcsolatukat a VSNET-ről származó vizuális fénygörbe segítségével állapítottuk meg. Az április 28. és augusztus 16. közötti időszakban összesen 2309 egyedi fényességbecslés található a VSNET adatbázisában, melyből 1737 CCD mérés, 572 pedig vizuális észlelés. Mellékelt ábránkon mutatjuk be a kapott fénygörbét. Ez alapján a fényesség maximum 2000. május 5,0 UT-kor következett be (JD 2451669,5), $9^m,0$ -s fényességnél.



A H α vonal időbeli fejlődése

A 2 magnitúdónyi halványodáshoz szükséges t_2 idő 30 nap volt, míg a hasonló értelmezésű t_3 36 nap. Ez alapján a CI Aql egy közepesen gyors nóva, a kitérés amplitúdója kb. 7^m .

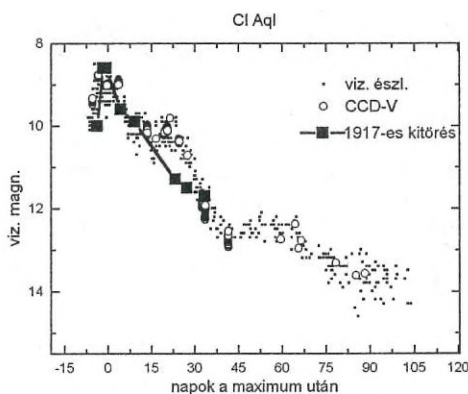
Az 1917-es kitérés fénygörbéjével összehasonlítva jól látszik, hogy bizonyos fázisokban akár $1^m,5-2^m$ különbség is fellép. 1917-ben pl. alig 20 nap kellett a 2 magnitúdóval való elhalványodáshoz, míg t_3 kb. ugyanannyi volt. Ez jellemző az U Sco osztályra és az időben változó kölcsönhatásra utal a két komponens között.

Kapcsolat más visszatérő nóvakkal

A bemutatott színképi jellemzők hasonlóak más visszatérő nóvánál tapasztaltakhoz. A korai fázisban 8000–9000 km/s szélességű (FWZI) emissziós vonalak uralták a színképet, majd a halványodással párhuzamosan először P Cygni-profil jelentkezett, majd a kettős profil vette át a terepet. Mindezek a Williams (1992) által lefektetett osztályozási rendszer „He/N” típusára jellemzők, ami egyébként szinte az összes rövid visszatérési idejű visszatérő nóvát tartalmazza (U Sco, V394 CrA, V745 Sco, V3890 Sgr, LMC 1990 No. 2). A háttérben álló fizikai kép szerint a ledobódás nem egy viszonylag folytonos csillagszél által távozik (mint pl. a V1494 Aql-ben, l. Meteor 2000/2.), hanem egy diszkrét héjban, esetleg héjakban, amelyek akár különböző sebességgel indulhatnak a fehér törpe felszínének közeléből.

A 2000-es év egyik legnagyobb változós szenzációja volt a CI Aql ismételt kitérése és a visszatérő nóvák osztályába való átsorolása. Remélhetőleg nem voltak emészthetetlenek a fenti spektroszkópiai fejtegetések, hiszen cikkünk egyik legfontosabb üzenete, hogy legyen bármilyen pontos és hosszú is mondjuk egy változócsillag fénygörbéje, az igazán részletes (és érdekes...) megismeréshez nélkülözhetetlen a színképelemzés alkalmazása. A CCD-k térhódításával, valamint a számítástechnika széleskörű elérhetőségével párhuzamosan egyre több amatőr próbálkozik meg a korábban kizárólag a profik számára elérhető spektroszkópiával. Talán írásunk is rámutatott arra, hogy érdemes ebben az irányban is kísérletezni, hiszen az esetleges siker bekövetkezte a csillagászat elképzelhetetlenül gazdag területére vezeti el a kíváncsi elmét.

(Kiss L. és mtsai, 2000, „The 2000 outburst of the recurrent nova CI Aquilae: optical spectroscopy”, *A&A*, megjelenés alatt álló cikke alapján)



A CI Aql fénygörbéje. Összehasonlításképpen feltüntettük az 1917-es kitérés görbéjét is

KISS LÁSZLÓ