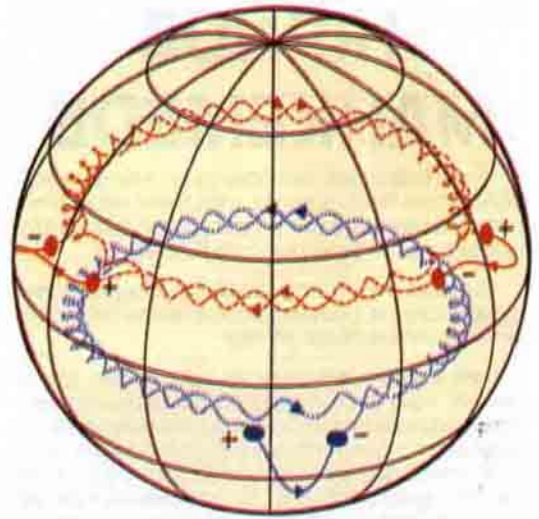


YILDIZ LEKELERİ VE GÜNEŞ

- Yıldızların en büyük teleskoplarla bile ufak ışık noktaları gibi görünmelerine rağmen, astronomlar şimdi artık, onların yüzeylerini beneklerle dolduran kocaman, karanlık lekelerin haritasını yapıyorlar. Bunlar, Güneş'in içindeki çalışmalar hakkında daha çok bilgi edinmemize de yardımcı olacaktır.

Andrew Collier CAMERON



Manyetik alan ipleri Güneş'in içinde spagetti gibi bükülür, yüzeye çıktığı yerde bir çift karanlık güneş lekesi görülür.

Bizim yıldızımız olan Güneş, sabit olmaktan uzak bir manyetik alana sahiptir. Bu alan, 11 senelik bir devir süresi sonunda büyümekte ve azalmaktadır. Bugünlerde ise güç bakımından artmaktadır. Bu dönemlerde Güneş'in manyetik alanının, Güneş yüzeyinde güçlü ve görülmeye değer güzellikte görüntüler yarattığı gözlenmiştir.

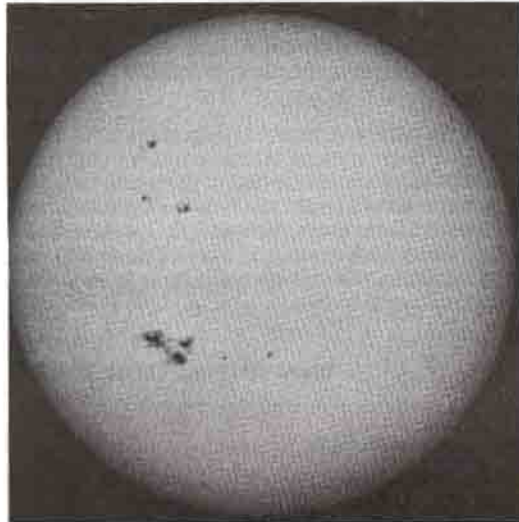
İngiliz güvercin meraklıları bunu, haziran ayında Güneş'in manyetik alanında enerjinin patlayarak saliverilmesi sırasındaki büyük Güneş parlamasının Orta Fransa'dan İngiltere'nin kuzeyine doğru yapılan güvercin yuvalarına dönmeyi başaramamıştır. Güvercinlerin kaybolmaları, Dünyanın manyetik alanının geçici olarak eğilmesi sonucu, kuşların denizde yön bulma sistemlerinin bozulmasıyla açıklanmıştır.

Güneş lekeleri, Güneş'te en kolay gözlenebilen manyetik olaydır. Güneş'te haziran ayında oluşan gurup gibi büyük lekelerin bazıları, çıplak gözle görülebilir büyüklüktedir (Yine de Güneş'e doğrudan doğruya bakarak görme yeteneğinizi tehlikeye atmanızı tavsiye etmeyiz). M.Ö. 350 yıllarına kadar uzanan Eski Yunan ve Çin kayıtlarında da güneş lekelerine rastlanır. Astronomlar Galile zamanından beri bu lekeleri daha düzenli olarak incelemektedirler.

Aslında Güneş, yüzeyinde ilginç olaylar gerçekleşen tek yıldız değildir. Diğer yıldızların tayfları üzerindeki son çalışmalar, Güneş'te bulunan lekelerle benzer büyük, soğuk bölgelerin onlarda da bulunduğunu göstermiştir. Bu "yıldız lekeleri"nin daha yakından gözlenmesi, güneş lekeleri hakkında daha çok bilgi edinmemize yardımcı olabilir.

İçinde bulunduğumuz yüzyılın ilk yıllarında astronomlar, Güneş lekelerinin tayfları hakkında ayrıntılı çalışmalar yapmışlar ve bazı demir tayf çizgilerinin iki veya üç parçaya ayrıldığını bulmuşlardır. Fizikçiler, bu tayf çizgilerinin ayrılmasına manyetizmanın neden olduğunu önceden açıklamışlardır. Böylece gözlemler, Güneş lekelerinin Dünya'nın manyetik alanından binlerce kat daha güçlü, yoğun manyetik alanlara sahip olduğunu göstermiştir. Bu manyetik alan, bizim mahallî yıldızımızın şeklini bozan karanlık görünüşlü lekelerden sorumludur.

Güneş'in enerjisi, merkezinin yakınındaki



1988 Haziran'ındaki büyük güneş lekesi bile diğer yıldızlarda bulunan dev gibi lekeler tarafından bastırılmıştır.

*Meshur "Yedi Kızkardeş" veya "Süreyya Burcu"nın
soluk yıldızları hızla donmektedir.*

nükleer reaksiyonlardan doğar ve yüzeye doğru iki yoldan ilerler. Merkezî bölgelerde enerji, Güneş'ten dışarıya doğru ışıma (radyasyon) ile sızar; fakat yüzeye yakın yerlerde konveksiyonla taşınır. Sıcak gaz hücreleri yüzeye yükselir, soğudukça yüklerini bırakırlar ve sonra yine batırlar. Bu konveksiyon bölgesinin altı, yüzeyinden merkezine olan mesafenin beşte birini kaplar. Kuvvetli bir manyetik alan, yükselen ve düşen gaz damlalarını, birbirlerini kayarak geçmelerinden ziyade, birbirlerine çarpmaya zorlayarak konveksiyonu önler. Bu olay sırasında yüzeyin sıcaklığı düşer ve 5800°C sıcaklıktaki çevreden çok daha soğuk bir sıcaklıkta, 3500°C'de bir güneş lekesine neden olur.

Güneş lekeleri, çoğunlukla gruplar halinde ortaya çıkar. Bir güneş lekesi grubunun çevresindeki bölge, diğer manyetik aktivite şekilleri gösterir; "plages" diye bilinen ve atmosferde tehlikeli miktarda radyoaktivite içeren lekeler bunlardandır. Bu aktif bölgeler çoğu kez, Güneş'in ekvatorunun her iki tarafına doğru uzanan iki geniş kuşakta bulunur. Bir grubun ortasında çok defa doğu-batı olarak düzenlenmiş, biri manyetik "kuzey" ve diğeri "güney" kutup özelliklerine sahip bir çift büyük leke buluruz. Bir aktif bölgenin ömrü genellikle birkaç aydır. Güneş'teki toplam aktif bölgelerin sayısı kesinlikle düzenli olmamakla birlikte, ortalama olarak 11 yıl süren bir devir içinde değişir. Bir devir süresince, aktif bölgeleri içeren kuşaklar, güneş ekvatoruna doğru çekilir.

GÜNEŞ DİNAMOSU

Güneş'i inceleyen astronomlar, manyetik alanın Güneş'in dönmesiyle, Güneş'in dış tabakasındaki konveksiyonun etkileşmesinden doğduğuna inanırlar. Güneş'in gençlik döneminde ayrılmış herhangi bir manyetik alan artık dağılmış olmalıdır; öyleyse bugün gördüğümüz alanları bir çeşit "dinamo" beslemektedir.

Bu alanları gözümüzde kabaca kaynayan su bulunan bir kap içinde uzun spagetti tanelerinden oluşmuş bir topluluk olarak canlandırabiliriz: Güneş'in içindeki iyonlanmış gaz, elektrik akımını ileten bir akışkandır ve böylece her türlü manyetik alanı taşımaya hazırdır. Güneş, katı bir cisim gibi dönmez. Ekvatordaki yüzey tabakaları, kutuplardan daha hızlı döner. Başlangıçta kuzeyden güneye yönelen bir manyetik spagetti tanesi hayal edin. Ekvatorun hızlı dönmesi onu kademe kademe doğu-batı yönüne uzatır. Daha dar bir açıdan bakarsak, yükselen ve düşen gaz paketleri yüzeye konveksiyonla enerji getirdiği için, akışkan sürekli bir hareket içindedir. Güneş'in dönmesi yükselen ve düşen gaz kabarcıklarını "tırbuşon" yapar. Böylece, bizim yeni doğu-batı yönünde uzanan spagettimiz, yükselen ve düşen kabarcıklara yakalandığında yeni bir kuzey-güney halkası yaratmak için bükülecektir. Sonuçta, bu bölgedeki manyetik alan daha güçlü olacaktır. Spagetti kabının içindekiler yemek için hazır olduğu zaman ortaya çıkan şekle benzeyen, manyetik alan yollarının ip halinde örülmesi, yüzeyin altında biter. Bu ip-

lerin Güneş yüzeyinden fıskırdığı kesimlerde aktif bölgeler oluşur.

Astronomlar, bu işlemleri genel kurallar içinde anlamalarına rağmen, ince detaylara indikçe şaşırımlardır. Güneş dinamosu modellerinden çoğu, meydana getirdikleri manyetik alan bakımından bazı devrimsel değişiklikler gösterir; fakat en ayrıntılı çalışmalar ve taklitler (simulations) bile Güneş devresinin tüm özelliklerini ortaya çıkaramaz.

Bu tür modellerin ayrıntılı davranışı, Güneş'in dönme hızına ve gazların, enerjinin konveksiyonla nakledildiği yüzeyin altındaki bölgeye akma yoluna bağlıdır. Astronomlar, halen Güneş'in yüzeyi ile merkezi arasındaki dönme hızı değişimlerinin ilerleyişi hakkında tartışıyorlar. Eğer biz, Güneş'in dönme hızını ve konvektif bölgenin alt kısmının bulunduğu derinliği değiştirebilir ve manyetik alan ve yüzeydeki gaz akış deseninin nasıl olduğunu görebilsek, Güneş dinamosunun çalışmaları hakkında birçok şey öğrenebiliriz. Şansımız var ki, aynı bilgiye değişik hızlarda dönen ve değişik kalınlıkta konvektif bölgelerin bulunduğu diğer yıldızların manyetik aktivitesini inceleyerek de ulaşabiliriz.

YILDIZ LEKELERİ

Diğer yıldızlarda da güneş lekeleri devri gibi devirlerin olduğu 1980'li yılların başlarından beri bilinmektedir. Güneş'te bir elektron kaybetmiş kalsiyum atomlarının tayf çizgileri, "sakin" güneş yüzeylerine göre, manyetik alanın kuvvetli olduğu aktif bölgelerde çok daha parlak görünür. Geçen 20 yıl boyunca düzinelerce yakın yıldızda kalsiyum çizgileri görüntülenmiştir. Bu yıldızların yarısından çoğunun birkaç senelik devir müddeti sonunda (Güneş'in devrinin 11 seneye karşılık geldiği varsayılmaktadır), düzenli değişimler gösterdiğini bulmuşlardır.

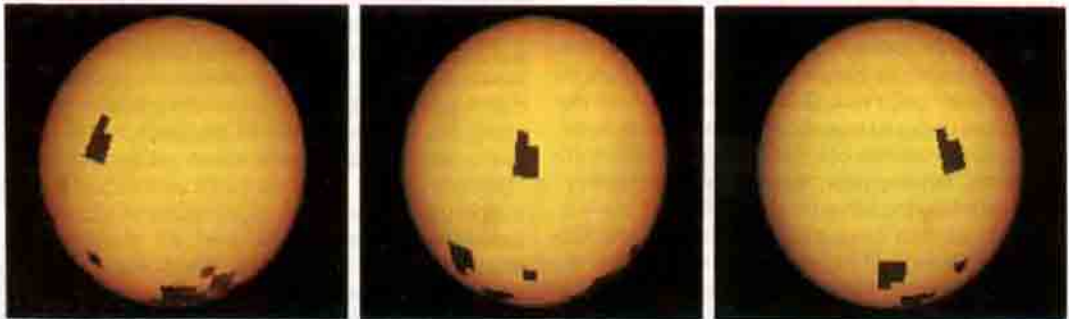
Yıldız döndükçe, bu tayf çizgilerindeki değişiklik bize, aktif bölgelerin olduğu yerlerin, yıldızın yüzeyinde düzenli olmaktan çok gelişigüzel yayıldığını düşündürmektedir. Benzer bir şekilde, bir yıldızın

parlaklığındaki düzenli bir değişiklik, onun büyük, karanlık yıldız lekelerine sahip olduğunu gösterir. Bunlar daha çok, tayfın da güçlü manyetik aktivite gösterdiği en hızlı dönen yıldızlarda görülmektedir.

En lekeli yıldızlar, RS Canum Venaticorum ilk örneğinden sora RS CVn çiftleri olarak adlandırılan özel bir çift yıldız sisteminde bulunur. Bu sistemler, birbirlerine çok yakın yörüngede iki yıldız içerir. Biri nispeten büyük ve soğuk, yan dev bir yıldızdır; yan çapı kabaca Güneş'inin üç katı ve yüzey sıcaklığı 1000°C ile 1200°C arasında daha soğuktur. Diğer yıldız, yan dev veya Güneş'e benzer bir yıldız olabilir. İki yıldızın birbirinin çevresinde dolaşmaları 20 günlük bir süre alır. Bu sırada birbirlerine o kadar yakındırlar ki, her biri diğerinde güçlü gelgitler meydana getirir. Bu gelgitler, yıldızların dönmesini "kenetler". Böylece, Ay'ın Dünya'ya hep aynı tarafının bakması gibi yıldızların birbirlerine dönük yüzü aynı kalır. Dönme kenetlendiği için, yan dev yıldız, kendi ekseninde, eşlik eden bir yıldız olmadığı zaman döneceği hızdan çok daha hızlı döner.

Bir RS CVn sisteminin en dikkati çeken özelliği, parlaklığının düzenli aralıklarla artması ve azalmasıdır. Bu değişim, yıldızın yörüngesinde dönme süresiyle eşzamanlıdır. Bazı durumlarda parlaklıktaki değişme, iki yıldızın toplam parlaklığının yüzde 30-40'ına kadar çıkabilirse de, çoğunlukla bu oran yüzde 10-20 arasındadır.

Bunun en iyi açıklaması, çiftteki yan dev yıldızın muazzam soğuk, nispeten karanlık lekeleri olmasıdır. En büyük değişikliklerin sebebi, yıldızın en sönük olduğu anda üzerindeki lekelerin bize dönük yarım küreyi kaplamasıdır. Bu muazzam soğuk lekelerin güneş lekelerine benzediği kesinlik kazanmamıştır. En büyük güneş lekeleri grubu bile Güneş yüzeyinin binde birinden daha az yer kaplar; buna göre, yıldız lekeleri yüzlerce kez daha büyüktür. Teorik olarak RS CVn sistemlerindeki yan dev yıldızların Güneş'inkine göre daha derin ve daha az yoğun konvektif bölgeleri vardır. Sadece ışık değişimleri esas alınarak yıldız lekeleri ve güneş lekeleri arasın-



Birtakım güneş lekelerinin, yıldız döndükçe hareket ettiği görülür. Bu görüntüler renkle harita çıkarma tekniğiyle yapılmıştır.

da çok yakın bir paralel çizmek akıllıca olmaz. Buna rağmen, RS CVn sistemlerindeki yarı devlerin özellikleri astronomların çok ilgisini çekmiştir.

1970'lerin sonlarında ve 1980'lerin başlarında uydular, bu objelerden yayılan olağandışı morötesi ve X-ışını tayfını ölçmüştür. Bu ölçümler, bu yıldızlarda da Güneş'te bulunan aşırı manyetik aktivitenin varlığını doğrulamıştır. Daha sonra astronomlar, diğer birçok soğuk ve hızlı dönen yıldızın da manyetik olarak aktif ve lekeli olduğunu gözlemişlerdir. Bunların en kayda değer olanları, Süreyya Burcu kümesindeki bazı yıldızlardır. Bu "K-cüceleri", Güneş'ten bir derece daha soğuk ve küçük, çok daha gençtirler. K-cücelerinin yanında, parlaklık RS CVn yıldızlarındakine benzer bir değişime gösterir. Bu lekelerin dönme süreleri, 6 saat ile birkaç gün arasında değişir. Yıldızlar, oluştukları ilk zamanlarda çok hızlı dönerler ve zamanla yavaşlarlar. Süreyya Burcu, çok genç olduğu için hâlâ şiddetli dönmektedir.

Yıldızın lekelerinin keşfi, ortaya cevaplanandan daha fazla soru çıkarmıştır. Parlaklığındaki değişiklikler gerçekte birkaç dev gibi lekeden mi kaynaklanmaktadır, yoksa güneş lekeleri gibi yıldızın bir kenarında toplamış birçok sayıda küçük lekelerin sonucu mudur? Yıldız lekeleri, yalnızca Güneş'teki gibi iyi tanımlanmış kuşaklarda mı görülür, yoksa yıldız üstünde herhangi bir yerde mi ortaya çıkarlar? Yıldızın aktivite devri süresince hareketli kuşaklar bir enlemenden diğerine hareket eder mi? Eğer öyleyse, enlem değişikliği, yüzeydeki dönme hızındaki değişiklikleri ölçebilir miyiz?

Bu aktif yıldızların yüzeylerinin doğrudan doğruya görüntüsü alınamaz; en büyük teleskoplarla bile sadece karar verilemeyen ışık noktaları olarak görülürler. Ama geçen birkaç yıl boyunca astronomlar, bir aşırı aktif yıldız yüzeyinin ne kadarının lekelerle ve ne kadarının aktif bölgelerle kaplı olduğunu ölçmek için teknikler geliştirmişlerdir. Kaliforniya'daki Lick Rasathanesi'nde astronomlar şimdi, "lekeli" bir yıldızın tayf çizgilerinin detaylı bir analiziyle bir görüntü geliştirebiliyorlar ve bu tekniğe de "doppler görüntülemesi" diyorlar.

DOPPLER LEKELERİN GÖRÜNTÜSÜNÜ NASIL ETKİLER

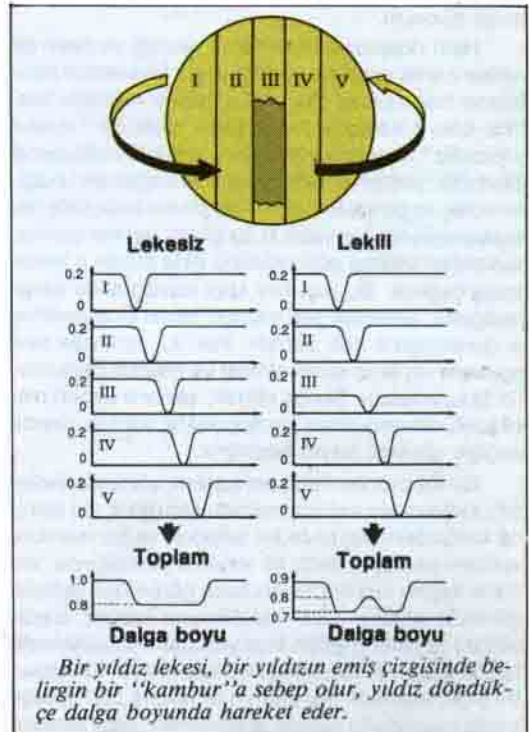
Kaliforniya'daki Lick Rasathanesi'nde Steven Vogt ve meslektaşları, hızlı dönen lekeli yıldızların yüzeylerinin kaba görüntülerini elde edebilmek için geçenlerde hünerli bir yöntem geliştirmişlerdir. Doppler görüntüleme tekniği, hızlı dönen bir yıldızın tayf çizgilerinin genişleyeceği bilgisine dayanır. Yıldızın yaklaşan tarafından yayılan ışık, doppler etkisiyle tayfın yüksek frekansa doğru kayar, uzaklaşan taraftan yayılan ışık kırmızıya doğru kayar. Yıldızdan yayılan bütün ışık, bu sınırlar arasında doppler kayması olan bölgelerden gelir; böylece her bir tayf çizgisi genişletilir. Çizginin toplam genişliği, yıldızın döndüğü hıza bağlıdır.



"Doppler görüntüleme tekniği", hızla dönen HR 1099 yıldızının kutbunda bulunan kaççıman, karanlık bir yıldız lekesini açığa çıkarmıştır.

Yüksek ayrışım (high-resolution) spektrografi ve elektronik ışık dedektörlü büyük teleskoplar, bir yıldızın yaklaşan ve uzaklaşan tarafları arasındaki hız farkının saniyede 2 kilometre kadar küçüklükte olanlarını sezinleyebilmektedir. Çok yavaş dönen Güneş'in bile, yaklaşan ve uzaklaşan tarafları arasında hız bakımından saniyede 4 kilometreden biraz daha az fark vardır.

Lekeli yıldızların görüntülerini elde edebilmek için ben de başka bir teknik geliştirmekteyim. Bu teknik, yıldızın tayfının ince ayrıntılarını içermemektedir. Lekeler görüntüye girip çıktıkça, yıldızın parlaklığı



ve rengindeki değişiklik yönünü inceliyorum. Bir yıldızdan alınan toplam ışığın bir yıldız lekesiyle karartılması miktan, lekenin boyutuna ve diğer yüzeyden ne kadar soğuk olduğuna bağlıdır. Sıcaklıktaki farklılıklar, yıldızın rengindeki değişiklikleri inceleyerek bulabiliriz.

Yıldız lekeleri yıldızın diğer yüzeylerinden daha soğuktur; bu yüzden tayfın kırmızı ucundan, mavi ucundan yayıldığından daha güçlü ışık yayarlar. Yıldız sadece mavi veya yeşil ışık geçiren bir filtre ile baktığımızda ve bunu yine sadece kırmızı veya kızıl ötesine yakın ışığı geçiren bir filtreden alınan görüntüyle karşılaştırdığımızda, bir leke ile çevresi arasındaki farkın çok daha büyük olduğunu görürüz. Yıldız döndüğü için, lekeler görüntüye girip çıktıkça, ışık seviyesindeki değişimler kırmızıya göre mavi ışıkta daha büyük gözükcektir. Eğer yeşil, kırmızı ve kızıl ötesi dalga boylarında bir yıldızın parlaklık değişimleri arasındaki farkları ölçebilirsek, lekelerle diğer yüzeyler arasındaki sıcaklık farkını keşfedebiliriz. Bu ölçümle ve yıldızın parlaklığındaki azalma ile, yıldızın görünen kısmının ne kadarının lekelerle kaplı olduğunu hesaplayabiliriz. Yıldız döndükçe bu işlemi tekrarlırsak, yıldızın görüntüsünü oluşturabiliriz, çünkü bu lekenin görünür kalma süresi onun bulunduğu enleme bağlıdır. Ekvatordaki lekeler yıldızın dönme süresinin yarısı boyunca görülür, bize doğru eğik yarım küredeki yıldız lekeleri ekvatordakilere göre daha fazla görünürken, diğer yarım kürede bulunanlar sadece kısa bir müddet görünür. Ben bu metoda "renkle harita çıkarma" (colour mapping) diyorum.

Hem doppler görüntüleme tekniği ve hem de renkle harita çıkarma tekniği yıldız lekelerinin haritalarını sağlayacak gibi görünmesine rağmen, pratikte işler o kadar kolay değildir. Eğer bir "model yıldızımız" olsaydı ve lekelerin nerelerde olduğunu bilseydik, yıldızın dönmesi sonucu doğan tayf çizgilerindeki ve renklerdeki değişiklikleri kolaylıkla hesaplayabilirdik. Ne yazık ki bu işlemi tersine çevirip, verilerden yıldızın görüntüsünü elde etmek o kadar kolay değildir. Bu problem tıbbi tomografide karşılaştığımız, istenilen görüntünün tekrar oluşturulması gerekliliğine çok benzer. Her iki durumda ana problem verilerin eksik olması ve belirsiz parazitlerin bulunmasıdır. Sonuç olarak, verilere uygun olabilecek, devamı artan karmaşıklıkta, sonsuz sayıda değişik görüntü hayal edebiliriz.

Bu tip problemlerin en başarılı çözümlerinden biri, maksimum entropi metodu olmuştur. Bu aslında kompütere dayanan bir tekniktir ve bu teknikle, verideki parazitin akılcı bir tahmini verildiğinde, verilere neden olabilecek en basit görüntüyü bulmak mümkün olabilir. Lick Rasathanesi'nde en büyük sürpriz Steven Vogt'un bazı yıldızların kutuplarında büyük lekelerin bulunduğunu keşfetmesi olmuştur. Bu olgu, lekelerin her zaman ekvatorla 50° derece içinde bulunduğu Güneş'te görülmez. Bazı teoriler-

le, yıldızların hızlı dönmesinin, lekelerin meydana çıktığı kuşakları kutuplara doğru süreceği ileri sürülmektedir. Yıldızların yüzeylerinin görüntüsünü oluşturmak için yapılan bu başlangıç deneyleri bile güneş ve yıldızlara ait dinamo teorilerini incelemektedir. Yıldız yüzeyindeki aktif bölgelerin hareketleri ve kutuplardaki lekelerin büyüme ve yok olma şekillerinin uzun vadeli incelemelerinden, bu konuda daha fazla bilgi edinebileceğiz.

Ancak doppler görüntüleme tekniği, astronomların büyük teleskopları kullanarak harcamaları gereken zaman yönünden pahalıdır. Teleskobun, yeterli miktarda ışık toplayabilmesi için 2,5 metrelik aynası olması gereklidir ki, dünyada böyle sadece 20 tane teleskop vardır. Bunun yanında, yıldızın dönme süresi boyunca, düzenli aralıklarla, bir spektrograf kullanarak yüksek ayırıcılığı azından bir düzine tayf filmi çekmek gerekir. Sadece çok az sayıda yıldız, bir gece boyunca tüm yüzeylerini gösterdiğinden ve çoğu ilginç yıldızın bir dönüşü 10 gün sürebileceğinden, astronomların bir yıldızın tek bir görüntüsünü ortaya çıkarabilmek için birçok geceye ihtiyaçları vardır.

Renkle harita çıkarma tekniğinin, yıldızdan alınan ışığı çok daha büyük oranda kullanma avantajı vardır. Bu, sadece bir tayf çizgisini değil, geniş bir renk "şeridini" kullanma imkânını verir. Bu demektir ki, verilerimizi, 40 cm'lik bir deliği olan bir teleskop kullanarak da elde edebiliriz. Karmaşık bir spektrografa da ihtiyacımız yoktur. Dünyanın her yerindeki birçok küçük rasathanede standart olan, renkli filtrelerle donatılmış basit bir fotoelektrik fotometre, lekeli bir yıldızın parlaklığı ve rengindeki değişiklikleri ölçmek için yeterlidir. Zaten bir çok küçük rasathanenin, lekeli yıldızların uzun vadeli hareketlerini görüntülemek için programları vardır.

Yıldızların yüzeylerinin görüntülerini almak için kullanılan bu yeni yöntemler şimdiye kadar yıldız lekeleri hakkında cevapsız kalmış görünen birçok meseleyi açıklamıştır. Yıldız lekelerinin yoğun gruplar halinde meydana çıkması, onların birçok küçük güneş lekeleri topluluğundan çok, kocaman, tek güneş lekeleri gibi olduklarını düşündürmektedir. Çok daha aktif olan RS CVn sistemlerinin bazılarının doppler görüntüleri de, yıldızların kutupları yakınında büyük lekeler göstermiştir. Bu manzara, aktivitenin ekvatora yakın enlemlerle sınırlandırıldığı Güneş'ten çok daha farklıdır. Öyle olsa bile, lekeli bir yıldızın tek bir görüntüsü, birkaç senelik bir süre içinde, bir veya iki ay aralıklarla alınan benzer görüntülerin birçoğundan bilimsel açıdan çok daha değerlidir. Bunun gibi birçok program şimdiden oluşturulmuştur. Yakın bir gelecekte bunlar bize, şimdi teleskoplarımızda iğne deliğinden geçen ışık gibi görünen uzak yıldızların yüzeylerinde aktif bölgelerin oluşmasını, gelişmesini ve daha sonra dağılmasını izlettirebilecek, hatta gaz akışı şekillerinin haritasını bile çıkartılabilecektir.

New Scientist'den çev.: Recep KOÇAK