

趙慶哲
〈慶熙大 物理学科 教授〉

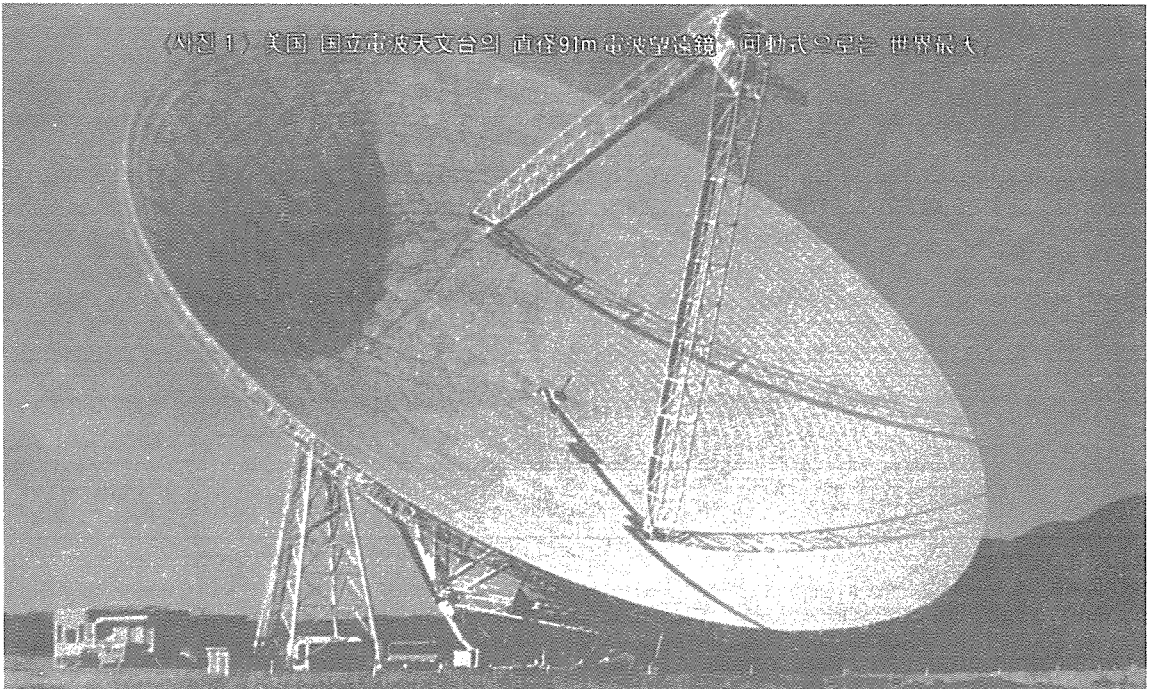
宇宙空間에 떠 있는 수많은 天體들 가운데 電波를 放射하는 것들이 있다.

이러한 天體들의 電波를 관측하는 장치를 電波望遠鏡(radio telescope)이라 한다.

그 典型的인 것이 사진에서 보는 것 같은 모양을 지니고 있다. (사진 1) 望遠鏡이란 이름이

붙었으니까 마치 光學的 望遠鏡같이 天體의 그림자를 볼 수 있을 것 같은 생각이 들지만 사실은 그렇지 않다.

電波望遠鏡은 하나의 「레이더」裝置 같이 생겼으므로 ,, 또한 편은 「레이더」式으로 이쪽에서 電波信號를 發進시켜 그것이 목표에 반사되어



〈사진 1〉 美国 国立電波天文台의 直径91m 電波望遠鏡 可動式으로는 世界最大

돌아오는 것을 관측할 것이라고 생각하는 사람도 있지만 그것도 아니다. 어디까지나 電波望遠鏡이라 하면 他天體에서 오는 電波를 受信 관측하는 장치인 것이다. 수신장치를 통하여 기록되는 기록곡선을 보고 여러각도로 분석하는 일이 바로 전파천문학의 일이다.

天體電波의 관측은 다음 4條目으로 大別할 수가 있다.

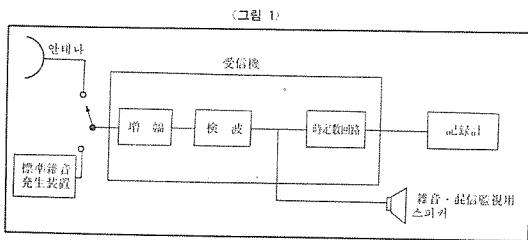
- 電波強度의 관측
- 偏波의 관측
- 電波干涉計에 의한 관측
- 電波「스펙트럼」의 관측 등이다.

이와 같이 여러방법을 사용하는 이유는 태양에서 날라오는 電波같은 連續雜音의 인 것이 있는가 하면, 水素의 21cm 電波와 같이 線「스펙트럼」같은 것, 또는 行星電波와 같이 放電의 인 것 등 여러가지 判異한 특징을 갖고 있기 때문에 이것들에 대응한 研究方式을 따라야 하는 것이다.

◇ 電波強度의 觀測裝置

天體電波의 強度를 관측하기 위한 장치를「레이디오미터」(radiometer)라고 한다.

이 장치의 원리적인 구성은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 「레이디오미터」의 原理構成

天體로부터 오는 電波를 <사진 1>과 같이 생긴 電波望遠鏡(안테나)으로 잡아 이것을 受信機로써 增幅, 檢波한 다음, 直流의 變化로 돌려서 時定數回路를 갖고 天體電波가 아닌 것(機械裝置, 周圍의 電燈器具 및 自動車같은 것에서 부터 나오는 電波)을 제거하고 가능한 限 眞짜信

호만을 골라서 記錄計에 나타나게 한다. 또한 受信器에 들어오는 電波信號로 인한 電力을「스위치」로 바꾸어 標準雜音발생장치에 접속시키고 기록되는 電波信號가 과연 眞짜로 受信된 電波인지, 또한 어느정도의 強度를 지닌 信號인지를 알 수 있게 한다.

電波強度의 관측은 天體電波관측 중에서도 가장 基本的인 것이며, 여러 다른 분야의 관측에 있어서도 결국 대부분은 상대적인 強度比의 측정에 귀착하는 것이다. 그러므로 여기에 설명하는 것도 天體電波관측 전반에 공통되는 기본적인 것이다.

안테나: 「안테나」에 관하여 고려하여야 할 것은 다음의 두가지 문제이다.

- (1) 「게인」(gain) - 전파를 잡는 능력,
- (2) 指向性 - 電波望遠鏡의 分解能이다.

이것들은 光学望遠鏡에 있어서의 밝기, 즉 f -番号와 分解能에 해당하는 것이다. f -番号란 望遠鏡의 「렌즈」또는 반사경의 軸점거리를 直徑으로 나눈 비율이며, 分解能이란 두개의 아주 접근한 (한개로 보이는) 天體를 어느정도 분리시킬 수 있는나 하는 능력을 말함이다. 이 능력은 望遠鏡의 直徑을 a , 관측대상으로 하는 天體의 光波長을 회람문자 λ 라 하면,

$$\text{分解能}(\eta) = 2.1 \times 10^5 \frac{\lambda}{a}$$

으로 표시한다.

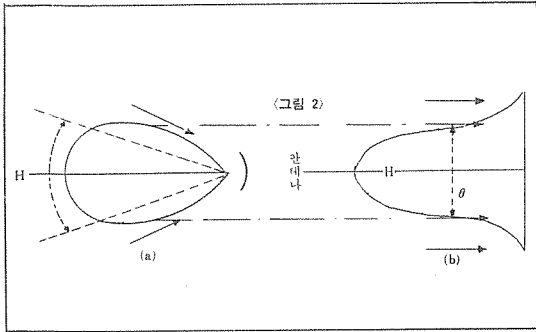
이 式에서 알 수 있는것과 같이 전파는 빛(光)에 비해 百萬倍이상이나 波長이 긴 탓으로 이 式으로 계산하면 電波望遠鏡의 分解能은 우리 肉眼自体가 지닌 分解能보다 못할때가 있다. 예를 들자면 보통크기의 「레이디오미터」로 太陽을 관측한다고 하자. 태양전파는 黑点에서 나오는데 수많은 흑점을 태양표면에서 볼 수 있을 경우 상당히 큰것이면 육안으로도 얼마든지 식별할 수가 있다.

그런데 몇m쯤 되는 直徑을 지닌 「안테나」가지고 그 望遠鏡의 分解能이 태양의 直徑보다 못하니, 도대체 어느 黑点에서 電波가 나오는

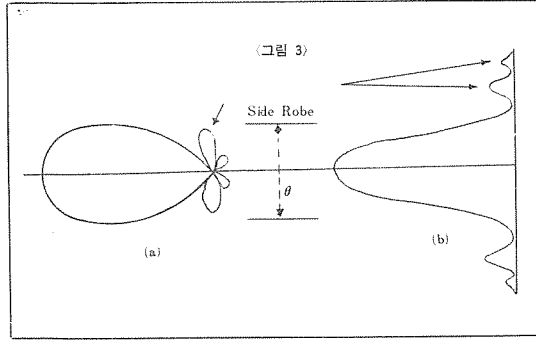
것인지, 어느 黑点의 電波가 強하고 약한 것인지의 분포상태를 비교해 볼 수도 없다. 마치 太陽全体面에서 나오는 綜合量을 관측하는 정도 이상을 가질 수가 없으니 여기에 光体望遠鏡에 비해 약점이 있는 것이다.

「안테나」의 分解能이란 그 指向性을 말하는 것인데 이 指向性이란 고정되어 있는 電波源을 어떤 거리에 놓고 「안테나」로 아래 위를 훑어보면 電波源이 「안테나」의 중심에 잡혔을 때가 가장 강하게 受信된다. 반대로 「안테나」를 고정시켜 놓고 電波源을 움직여도 마찬가지이다. 다시말해 「안테나」가 電波를 받아 들일 能力의 범위가 어떻게 되어있느냐 하는 것이 각 「안테나」 즉, 電波望遠鏡의 특색이라 할 수가 있다. 그 능력의 한계가 指向性 또는 分解能으로 표시되는 것이다. <그림2>가 그 指向性의 윤곽을 표시해준다. <그림2>의 a에 그려져 있는 길쭉한 풍선모양의 윤곽이 「안테나」가 수신할 수 있는 능력범위이다. <그림2>의 b는 받아들일 수 있는 전파의 강도를 표시한 것이며

<그림 2>



<그림 3>



H에 두개의 전파원이 있을때 그것을 구별할 수 있는 한계로 되어 있다. 화살표(→)의 방향은 「안테나」가 전혀 전파를 받아 들이지 못하는 방향이다.

<그림 2>는 이상적인 「안테나」를 말하는 것이며 실제로는 「안테나」옆에도 指向性이 있다. 이것은 사실상 쓸데 없는 것으로 옆에 지나가는 자동차엔진소리나 기후가 나쁠때는 여러가지 放送·放電電波들을 받아들여 관측에 혼란을 일으키는 역할을 한다. 이것을 「사이드·로브」(Side robe)라고 부르며 「안테나」의 「귀」(耳)라고도 한다. 그러니까 안테나의 「게인」(gain)이란 어떻게 天文學者들은 定意하느냐 하면, 그 「안테나」로 어떤 전파를 수신할 때의 강도를 P라하고 아무런 指向性이 없는 「안테나」로 수신하였을 때 나타나는 강도를 Po라 놓고 「게인」G를 다음과 같이 표시한다.

$$G = \frac{P}{P_0}$$

또한 「안테나」의 「게인」은<그림 3>의 b에 그려진 曲線의 높이를 말한다.

電波望遠鏡이 바로「안테나」이므로 이것은 실제로 다음과 같은 式으로 계산한다.

$$G = k \left(\frac{\pi D^2}{\lambda} \right)$$

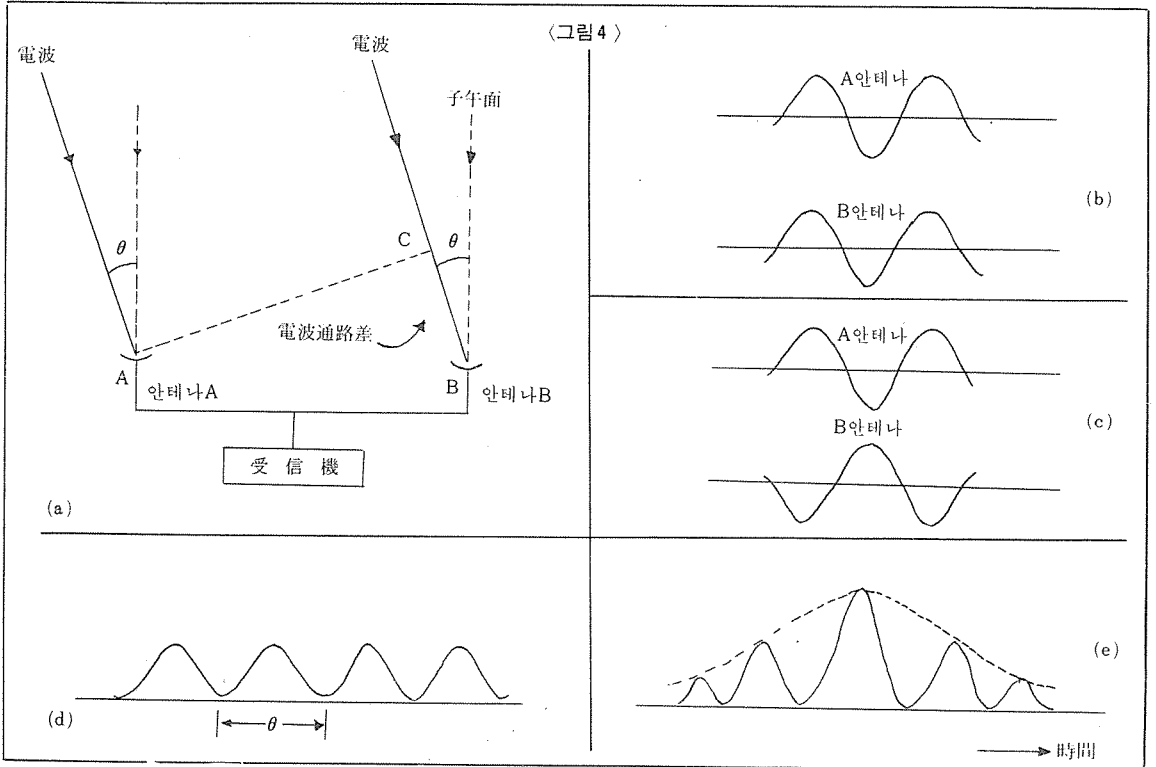
여기의 k는「게인」係數라 하며, 「안테나」의 全面積과 有效面積과의 비이며, D는 望遠鏡의 直徑, λ는 관측하려는 受信電波波長을 표시한다.

이 式을 보면 「안테나」의 面積을 크게 한다는 것, 다시말 하면 電波望遠鏡의 口径을 크게 만들면 만들수록 「게인」이 예리해지고 또 커진다는 것을 알 수가 있다. 다시 한번 설명하자면 送信機의 電力이 일정하다고 하고 「안테나」를 크게하여 指向性을 좁게 하면 이 일정한 電力을 한방향으로 유효하게 집중시킬 수가 있다. 受信할때는 이것의 반대를 생각하면 된다. 즉, 指向性을 좁고 예리하게 하면 할수록 그 방향에 있어서의 「게인」即, 感度가 높아진다는 원리이다.

電波干涉計：그런데 電波望遠鏡은 무작정 크게만 만드는 데는 經濟的 構造物上으로 한계가 있다. 그래서 비교적 돈이 싸게 들고 「계인」을 높일 수 있는 방법을 모색하지 않을 수가 없다. 이렇게 해서 고안해 낸 것이 電波干涉計이다.

이 원리는 <그림 4>와 같이 A, B 두개의 「안테나」를 어떤 거리를 놓고 설치한다. A, B의

방향은 임의로 정해도 좋다. 가장 基本的인 배치방법은 <그림 4>의 a와 같이 受信機를 한 줄로 연결해 놓는 방법이다. 만약에 電波가 관측자에게 수직으로 들어오면 $\theta=0$, 즉 전파원이 너무도 멀리 있어 전파가 平行으로 날라 온다고 생각할 수 있으므로, A, B 두 「안테나」에 동시에 도착하여 「안테나」가 보여주는 出力은 <그림



4)의 b같이 된다. 즉, A와 B 「안테나」의 표시하는 電壓은 振幅도 位相도 서로 똑같이 대응한다. 그렇지만 電波가 θ 라는 각도로 入射할 때 B에 도달하는 電波는 A에 도달하는 것 보다 C B만큼의 거리를 더 통과하지 않으면 안 되니 <그림 4>의 C에서 보듯이 振幅은 같으나 C, B에 상당하는 만큼의 位相이 달라진다. C, B가 電波波長과 같거나 整数倍가 될 때는 位相差가 360° 가 되어 결국 位相差는 Zero(零)가 되어 다시 <그림 4> b같이 된다. 일반적인 경우 그리하여 電波干涉計의 指向性은 <그림 4>의 d같이 마루와 골이 반복되는 것 같은 형태로 되는데 실제로는 A, B안테나 自体가 어떤 種類의 指向性을 갖고

있기 때문에 <그림 4>의 e와 같이 된다.

이제 電波를 천체가 日周運動을 함으로 「안테나」위를 통과할 때는 受信機의 出力은 시간과 같이 周期的으로 결국은 <그림 4> e와 같이 변화하는 것이다. 여기서 중앙의 가장 높은 마루가 기록되는 시간이 天체가 子午線을 통과하는 시간이며 마루의 크기가 電波의 강도이므로 그 天體의 위치와 電波源의 「에너지」도 측정할 수 있게 된다.

이러한 要領의 干涉計는 海面의 反射를 이용하는 海面干涉計, 또한 많은 「안테나」를 모은 多要素干涉計 그 밖에도 位相切換式電波干涉計 등 여러가지가 있다.