

微小な星間偏光の特性

HBS による観測

松村雅文、浜坂征志*、菊地厚人（香川大）、関 宗蔵（東北大理）、平田龍幸（京都大理）、
川端弘治（国立天文台）
（*現：(株)MITシステム開発）

〔はじめに〕

星間偏光は、星間塵粒子が星間磁場によって整列するため、その塵粒子を含む空間を透過する恒星の光に偏光成分が生じる現象である。そのため、星間偏光を観測することにより、塵粒子および星間磁場についての情報を得られることが期待され、従来から多くの恒星の視線について、星間偏光（特に直線偏光）の研究がなされてきた。Hirata(2002)は、従来からの星間偏光のカタログから 13000 個以上の恒星についてのデータをコンパイルしている。しかしながら、従来の研究には、次に述べるような問題点がある。

問題点 1: 従来の研究において精度の高い偏光観測は、ある特定のバンドのみの場合が多い。これは、精度の良い偏光測定のために、観測するバンドに最適化して偏光を測定している場合が多いためである。ある程度の波長分解能で波長依存性が正確に判っている恒星は、あまり多くはない。

問題点 2: 従来の観測データの問題点の一つは、観測が容易な比較的大きな偏光度のものにバイアスがかかっていたことである。星間媒質は、clumpy な分布をしており、かつ物理的な特性に揺らぎがある。更に、偏光についての「足し算」はベクトル的になされる。遠方の星において観測される比較的大きな星間偏光は、多くのクランプからの寄与の結果であり、ある種の平均ではあるが、“一つの星間雲の偏光の特性”を表しているとは限らない。

我々は、上記の問題をクリアし、星間偏光について新たな知見を得ることを目標に、偏光分光測光装置（HBS）を用い、比較的小さい偏光度（0.5～1%程度）を示す星について、星間偏光の調べている。

HBS の波長分解能は 100Å 程度であり、緩やかな波長依存を示す星間偏光を調べるには十分な精度を持ち、問題点 1 を解決することができる。

また、HBS による偏光度の測定において 現在 0.05～0.1%の精度が達成されている(Kawabata et al. 1999)。Spitzer (1978)に基づき予測すると、1 個の「標準的」な星間雲についての星間偏光の偏光度は約 0.5%である。このため、HBS を用いてこの偏光を観測すると、S/N が 5-10 程度のデータが得られることとなる。つまり、“一つの星間雲の偏光の特性”を知ることができ、上記の問題点 2 を解決することができる。

観測は 2001 年の前期より開始し、今までに 26 星を観測した。その観測結果は、浜坂（2002）にも示されている。

〔観測結果および議論〕

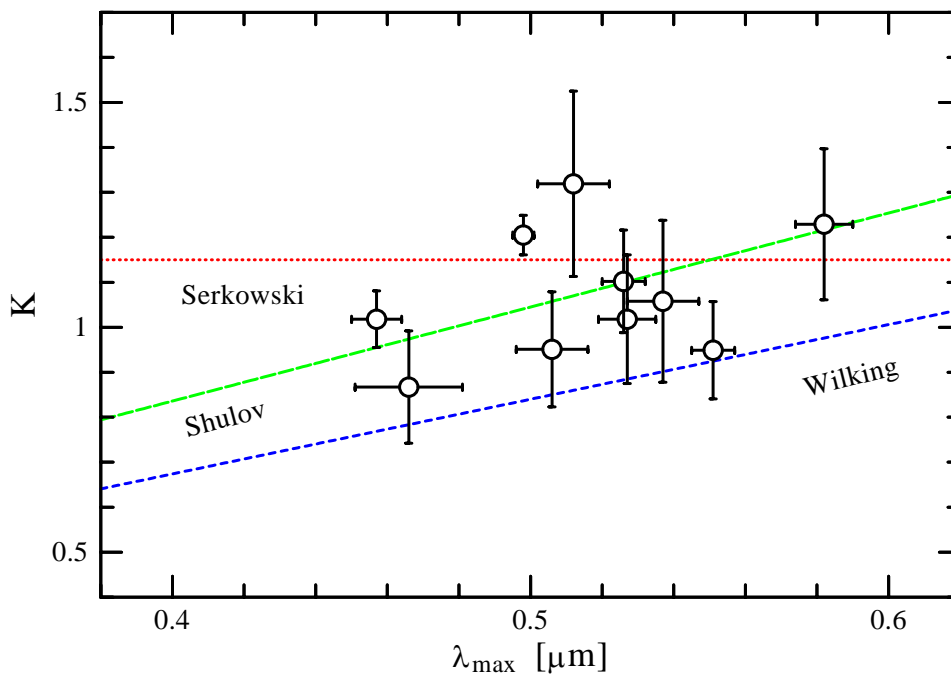
(1) 偏光度の波長依存性

従来より星間偏光の偏光度は、次の経験式で表されることが知られている：

$$\ln(p(\lambda)/P_{\max}) = -K \ln(\lambda_{\max}/\lambda)^2 \quad (1)$$

ここで P_{\max} 、 λ_{\max} は定数である。K は、この式において、偏光度 p の波長依存の度合いを決めるパラメータで、K が小さいほど p は波長に依存しなくなる。この式を提唱した Serkowski(1975)では定数 ($K=1.15$) とされたが、後に観測波長域が近赤外域まで拡張され、 $K = \lambda_{\max} \times \text{定数}$ と表したほうがよいという主張がなされた(例えば Wilking et al. 1980 では $K=1.7 \lambda_{\max}$ 、但し λ_{\max} の単位は μm)。しかし、Shulov and Kopatskaya(1995)は、近赤外域では偏光度は、波長のべき乗に比例することを重要視して、式(1)の適用する波長域を制限し(可視域から J または H バンドまで)、 $K = 2.09 \lambda_{\max}$ を主張した。

我々が HBS の観測で得られたデータも、式(1) を使い、適切なパラメータの値を用いて表すことができる。そこで、K と λ_{\max} の関係を調べるため、得られたデータに対して式(1)を用い、 P_{\max} 、 λ_{\max} 、K をいずれもフリーパラメータにして、フィッティングを行った。比較的 SN の良いデータ(偏光度が約 1% より大)についての結果を下図に示す。



図。最大の偏光度を示す波長 λ_{\max} と、パラメータ K の関係

この図は、フィッティングで得られた結果は、Wilking et al. (1980)の主張の線よりも、むしろ、Shulov and Kopatskaya(1995) が主張する線の周りに分布することを示している。このことが更に確認できるならば、少なくとも可視領域に限れば、Wilking et al. (1980)の主張よりも、Shulov and Kopatskaya(1995)の主張が、より正しいことになる。

(2) 偏光位置角の波長依存性

従来より、偏光位置角も波長に依存することが知られている。これは視線上での“磁場の向きの変化”と、“直線偏光度 $p(\lambda)$ の関数の変化”の両方が効くことにより生じると解釈される。このため、比較的小さい星間偏光を示す星の場合、視線は比較的少数の雲を通過する（つまり、比較的単純な構造の部分を通る）ことが予測され、視線上での磁場の変化も少ないと予測される。

観測結果を見ると、偏光位置角が有為に（30%以上）波長に依存する星は、24 星中 8 星であった。Hsu & Breger(1982)によると、 $p \sim 2\%$ 以上の星について、偏光位置角が有為に波長に依存する割合は、15 星中 8 星である。波長依存性を示す割合は、偏光度が小さい場合（我々の結果）のほうが、小さくなってはいるものの、それでもかなりの割合（30%）で依存性が見られ、これは意外である。このことは、Spitzer がいう“一つの雲”の中でも、磁場がかなりの構造を持つことを意味する。あるいは、“一つの雲”の概念を用いること自体が、ここでは適当ではないのかもしれない。

〔結論〕

これまでの観測で次のようなことが明らかになった：

- (1) 比較的微小な星間偏光（偏光度が約 1%）に対しても、従来から提唱されていた「Serkowski の式」を用いて、偏光度の波長依存性を表すことができる。
- (2) 「Serkowski の式」のパラメータ K と最大の偏光度になる波長 λ_{\max} の関係については、Wilking et al. (1980)の主張よりも、Shulov and Kopatskaya(1995)の主張が正しそうである。
- (3) 小さい星間偏光についても、相当の割合で偏光位置角に波長依存性が見られる。このことは、星間物質の柱密度が小さい場合でも、磁場の向きの変化と、偏光をおこす塵粒子の典型的なサイズが変化していることを意味する。

これらの結論をより確定的なものにするため、今後、時間変動性、再現性をチェックする観測を行いたい。この種の観測では、比較的明るい星についての偏光を、精度良く求めることが必要である。現在の HBS において、比較的明るい星における主なランダムノイズ源は、光子ノイズではなく、2分の1波長版の位置決定精度である。この精度が改善されると、この種の研究はより効率良く進むものと期待される。平成 14 年度の科研費（基盤研究 C）で、HBS の波長版の位置決定精度を向上するための改修案を申請した（代表：松村雅文）が、採択に至っていない（平成 15 年度も申請中）。

〔文献〕

Hirata, R. 2002, in preparation

Hsu, J.-C. & Breger, M. 1982, ApJ 262, 732

Kawabata, K. S., et al. 1999, PASP 111, 898

Serkowski, K., Mathewson, D. L. & Ford, V. L. 1975, ApJ 196, 261

Shulov, O. S., & Kopatskaya, E. N. 1995, Astronomy Reports 39, 611

Spitzer, L. S. Jr. 1978, “Physical Processes in the Interstellar Medium”, John Wiley & Sons

Wilking, B. A., et al. 1980, ApJ 235, 905

浜坂征志、2002、修士論文（香川大学大学院教育学研究科）