

論文審査の結果の要旨

氏名 小山 洋

本論文は7章および Appendix からなる。

第1章では、銀河系の星間ガスのほとんどが100万年に一度は超新星爆発によって生じた衝撃波に掃かれていることから、衝撃波によって圧縮されたガスの進化を調べることで星間ガスの諸相の関係を探る上で重要であることを述べ、本研究の目的を

1. そのような中性ガス中で起こる輻射過程、化学反応などの過程を従来の研究より精密化する。
2. 等圧の条件下で一様に収縮するガスの熱的な不安定性を線形解析によって調べる。
3. 衝撃波によって圧縮されたガスの進化を2次元数値流体計算によって調べる。
4. 衝撃波によって圧縮された層に形成される冷たいガスとその周りの暖かいガスの2相構造がどのように進化するかを数値流体計算によって調べる。

と定めた。以下の章で順に議論している。

第2章では、本研究で考慮した化学反応や輻射との相互作用をまとめて記述している。具体的には、水素のイオン化や分子の形成、炭素を含む化学反応とともに、宇宙線や軟 X 線による加熱と原子から放射される輝線や水素分子及び一酸化炭素から出る輝線による冷却の取扱いを詳述している。

第3章では、等圧で一様に収縮するガスの線形安定性を議論するための定式化を行い、分散関係を得た。この分散関係は次の章で扱う衝撃波によって圧縮されたガスが輻射によってエネルギーを失っていく過程の考察に用いられる。

第4章では、ちょうど圧力駆動雪掻き段階にある超新星残骸の衝撃波と同じくらいのマッハ数を持った平面状の衝撃波によって圧縮されたガスが熱平衡状態に至るまでの進化を1次元数値流体コードによって計算し、輻射によって冷えながら収縮する際に前章での線形安定性の議論に基づいて、不安定になることを示した。この不安定性によって、ガスは5天文単位くらいの大きさに分裂していくことが示された。この様にして得られた高い圧力をもった冷たいガス塊（小分子雲）は HI clouds で観測されていることも指摘している。

続く第5章では、2次元数値流体計算によって衝撃波によって圧縮されたガスが分裂していく様子を調べている。その結果、線形解析で示唆された大きさの分裂が起こることを確認し、形成された小分子雲は周りの熱いガスの中を数 km/s の速さで動くことが示された。また、この速度は温かいガスの音速 (~ 10 km/s) を上限とすることを見出した。この小分子雲の運動速度が星間ガスのスペクトルに見られる分子の輝線幅を決めていることを論文提出者は指摘した。すると、小分子雲中のガスの温度に比して線幅が広いことが自然に説明できる。また、熱伝導によって2つの小分子雲の間に引力が働くことを発見した。このような過程をさらに調べることによって、小分子雲のサイズ分布についても議論できると期待される。

第6章では、初期に不安定な熱平衡状態にあったガスの進化を1次元流体計算によって追跡し星間ガスでは数百万年で温度数千 K の温かいガスと数十 K の冷たいガスの2相が共存する平衡状態になることを示した。すなわち、星間ガスの多くはその場所の環境によってきまる飽和圧力のもとに平衡になっている2つの相からなることを示唆している。従来は、定常状態を仮定した解析から、このような平衡状態に落ち着く時間は宇宙年齢を超えていると考えられていた。従って、この結果は星間ガスの各相の状態の見方に大きな変更をもたらす可能性があり、観測によっても検証可能と思われるので重要である。第7章で結論とまとめを述べている。

本論文は、圧力駆動雪掻き段階にある超新星残骸などの衝撃波によって圧縮された星間ガスの熱的進化を輻射による加熱・冷却と化学反応、熱伝導などの基礎過程を組み入れた数値計算を駆使して詳細に調べ分子雲の起源に迫ろうとする野心的な試みである。本論文によって得られた結果は、衝撃波が圧縮した星間ガスには1天文単位ほどの小さい分子雲が存在することを予言し、星間ガスの運動やその各相の力学的熱的な関係について新しい知見を与えるものとして高く評価できる。

なお、本研究は、犬塚修一郎氏との共同研究である。ただし、数値計算コードの開発は主に論文提出者によってなされた。また、5章及び6章の計算結果から新たな現象を発見したのも論文提出者であることから、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士(理学)の学位を授与できると認める。