

あけぼの衛星のデータベースを用いたプラズマ波動スペクトルの自動分類

Automatic classification of electromagnetic waves from database obtained by the Akebono satellite

秋元 陽介[1], 後藤 由貴[1], # 笠原 禎也[2], 佐藤 亨[3]

Yosuke Akimoto[1], Yoshitaka Goto[1], # Yoshiya Kasahara[2], Toru Sato[3]

[1] 京大・情報学・通信情報システム, [2] 金沢大・工学部・情報システム, [3] 京大・情報学

[1] Dept. of Communications and Computer Eng., Kyoto Univ., [2] Dept. of Information and Systems Eng., Kanazawa Univ.,

[3] Informatics, Kyoto Univ.

科学衛星を用いて観測したプラズマ波動解析の分野では、興味あるデータを手作業で収集・解析することが一般的である。そのため、衛星が得たデータのすべてを解析するのは大変困難で、多くのデータが手つかずのまま残されているのが現状である。このような背景から、計算機上でプラズマ波動の自動分類・収集を行う解析支援システムの開発が望まれている。本報告では、あけぼの衛星搭載の多チャンネル受信機 (MCA) で得られた電磁界強度データを用いて、他の衛星観測にも応用できる汎用的なプラズマ波動現象の種別分類アルゴリズムを提案する。

一般に波動の種別分類はそのスペクトルの特徴から行われる。このため、計算機上で分類を行う際にもそれぞれのスペクトルの特徴を定量的に評価し、この数値を用いることが望ましい。本報告では電界強度の時間変化を周波数解析する事により代表的なプラズマ波動現象の特徴量を数値化した。次に、いくつかのサンプルデータから特徴量を算出し、これに対してクラスタ分析を適用することで代表分類を作成するアルゴリズムを提案する。クラスタ分析は分類対象の数に対して計算時間がその 2 乗のオーダーで増大するため、MCA で得られるデータの特徴を生かしてクラスタ分析を 2 段階に分けて適用することにより、分類精度を下げずに計算時間を短縮する手法を開発した。第一ステップではあけぼの衛星の観測データは観測パス毎に区切られたファイルに分割されているため、この 1 ファイル内で観測されるスペクトルを種別分類する。ここで同じ波動現象は一定時間連続して観測されるため、クラスタ分析のアルゴリズムに時間、周波数領域で十分近傍に存在するクラスタのみが併合されるよう制約を設けた。計算を打ち切るクラスタの数は、異なる現象を同一のものとして併合しないように経験的に得られる波動現象の数より若干大きく設定する。第二ステップでは 1 ファイル毎に作成したクラスタを約 200 パス分まとめたものについてさらにクラスタ分析を適用し、代表的な分類を構成する。このような処理を行うことで、提案アルゴリズムがワークステーションで十分実現可能となった。代表的な波動現象が適正に分類されたかを客観的に評価するためには、何らかの評価基準が必要である。本研究では波動現象が適正に分類されたとき各カテゴリのクラスタの特徴量は正規分布に従うと仮定してモデルを作成し、このモデルの良さを評価する観測値情報量基準 (AIC) に基づいた評価関数を導入して最適分類数を決定した。このようにして作成した代表的な波動分類に対してベイズ識別方式を適用し、すべての観測データを代表的な波動分類のどれかに当てはめるアルゴリズムを提案する。ベイズ識別方式は、代表的な波動分類の分布が分かっているときに観測データの属する代表分類を確率的に求め、種類判別を誤る確率が最小になるように判別をおこなう手法である。このアルゴリズムを 1989 年から 1992 年のデータセットに適用して、すべての観測データを代表的な波動分類に当てはめ、それぞれの代表的な波動現象毎に統計解析を行った。その結果、提案アルゴリズムを用いることで、いくつかのサンプルデータからプラズマ圏ヒス、コーラスエミッションなどの代表的な波動現象が代表クラスとして構成できること、またこれらの波動現象が高い精度で識別できることを示した。

最後に最大事後確率とマハラノビスの距離を用いて、どの代表的な波動分類にも当てはまらない例外データの検出法について検討した。最大事後確率は、ある観測値が代表的な波動分類この値が小さいほど判別があいまいであることを表す。マハラノビスの距離は分布の中心から特徴量の分散、相関の影響を考慮した距離のことで、この値が大きいほど対象の波動分類と性質が異なることを表す。それぞれの方法は、正常データと例外データを判別するしきい値を必要とするため、この値について、実観測データから検討を行った。このようにして得られたしきい値を用いて、実際にこのアルゴリズムを適用し例外データの検出を行い、その事例を示した。その結果、従来の人間の手による収集方法では見過ごしていた観測データを検出できることを示した。このように、本研究で提案したアルゴリズムを用いることで、代表的な波動分類のクラスの構成、識別、例外データの検出が原理的に可能であることを示した。