

論文の内容の要旨

論文題目： グラフ上の反応拡散方程式による交通信号網の自律分散型制御

氏名： 杉 正夫

本論文は、多数の交通信号からなる信号網を自律分散的に制御する手法を提案する。

道路の交通状況は時間とともに変化し、例えば日中と夜間では、道路上の主要交通流の方向が反転する現象などが見られる。従って信号制御手法は、これらの変化に柔軟に対応できるものでなければならない。柔軟性と同時に、信号制御手法には高い効率性も求められる。従来の交通工学における信号制御の取り組みは、オフライン最適化と集中管理によるものであり、動的変化への対応に問題がある。一方、自律分散的に信号網を扱った既存研究例では、3つのパラメータ（サイクル長、スプリット、オフセット）のうち制御できるものが一部に限定されており、効率性が低い。このように、動的対応と効率性を兼ね備えた手法はいまだ確立されていない。

本研究は自律分散的な手法を採用し、3つのパラメータすべての制御を行うことによって動的対応と効率性の両者の実現を目指す。自律分散的手法にも様々なアプローチがあるが、本研究では力学系のアプローチを採用し、各信号を振動子とみなして交通網を非線型結合振動子系によってモデル化する。そして振動子間相互作用をグラフ上の反応拡散方程式によって与え、各信号が局所的な情報から自己の挙動を決定し、それにより大域的に秩序立った信号動作パターンを形成することを目指す。

まず本研究では3つのパラメータ（サイクル長、スプリット、オフセット）のうちサイクル長は固定とし、スプリットとオフセットを制御する手法を提案する。グラフ上の反応拡散方程式で扱えるのは1変数であるため、スプリットとオフセットそれぞれに対応する2つの反応拡散方程式を用意し、これによって2つのパラメータを個別に制御することを実現する。

次に本研究ではサイクル長を制御する方法を提案する。網目状の道路環境ではオフセットの閉合条件という制約があり、ループ上の各リンクがすべて最適なオフセットを取ることができるとは限らない。ただしこのような場合、サイクル長を適切に変更することで、ループ上の全てのリンクに最適なオフセットを与えることが可能となる。

閉合条件はループ上の条件であり、個々の信号を考えるだけではこの制約を扱うことはできない。またオフセットが閉合条件を満たすための最適なサイクル長はループごとに異なった値となるが、オフセットを制御するためには、交通網全体のサイクル長は均一な値を取らなければならない。サイクル長の制御を行う際にはこれらの問題を解決する必要がある。本研究では、道路網グラフの双対グラフを考え、その双対グラフ上に存在する"ループ管理エージェント"を新たに導入する。ループ管理エージェントはグラフの有限窓と1対1で対応する。各ループ管理エージェントは、自己の担当する有限窓の目標サイクル長を変数として持ち、双対グラフ上の反応拡散方程式に従う。一方、各信号はル

ープの目標サイクル長に基づいて自分の周波数を決める。これにより、均一性を維持しつつ、多くの信号にとって好ましい値へとシステム全体のサイクル長を変化させる。

実環境への適用を考える上で交通流の右折や左折の扱いは不可欠である。そこで上述した3つのパラメータの制御手法を右左折交通流を考慮した場合へと拡張する。その後、現実の交通量データを用いてシミュレーションを行い、提案手法の有効性の検証を行う。