

# RBFネットワークによる コミュニティサイクル利用動態の短期予測

浅田 拓海<sup>1</sup>・岡田 和洋<sup>2</sup>・松田 真宜<sup>3</sup>・有村 幹治<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 室蘭工業大学助教 大学院工学研究科 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

E-mail: asada@mmm.muroran-it.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 環境創生工学系専攻 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

E-mail: 14041016@mmm.muroran-it.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 株式会社ドーコン 交通事業本部交通部 (〒004-0051 北海道札幌市厚別区厚別中央1-5-4-1)

E-mail: mm1700@docon.jp

<sup>4</sup>正会員 室蘭工業大学准教授 大学院工学研究科 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

E-mail: arimura@mmm.muroran-it.ac.jp

近年、我が国においてコミュニティサイクル（以下、CC）事業が都市部を中心に展開されつつある。CCは都市部における新しい公共交通サービスとなりえるが、その利用動態や特性、管理手法については十分ではなく、その研究蓄積が望まれている。本研究では、札幌都心部で展開しているCC事業「ポロクル」の2012年度および2013年度の全利用記録を用いて、駐輪ポートの発生・交通量に着目し、短期的な将来予測を非線形近似モデルであるRBFネットワークを用いて予測し、その精度について検討した。その結果、データの規模の増大によって予測精度が低下する傾向が見られたものの、両年度共に各ポートの発生集中交通量を高精度で推定でき、RBFネットワークによるCC利用動態の短期予測の可能性を示した。

**Key Words** : cycle sharing, IC card data, RBFnetwork

## 1. はじめに

コミュニティサイクル（以下、CC）は、都心部において共用自転車を提供し、スムーズな移動環境と低炭素なまちづくりの一端を担っている。例えば、札幌都心部で展開中の「ポロクル」では、ポートと呼ばれる拠点で貸出・返却を行っており、利用データ数も年間約15万回を数える成長を見せ、駐輪マナーの向上や都心部来訪の機会の増加といった社会的効果も確認されてきている。

一方、CC事業の課題としては、ピーク時に特定ポートに偏る需給ギャップ対応、CCの利用を通じて顕在化した新たな公益性をユーザーと共有する仕掛けづくり、収支バランスの調整など改善の余地が挙げられる<sup>1)</sup>。

本研究では、これらの課題のうち、ピーク時に特定ポートに偏る需給ギャップへの対応に関して、利用履歴データをもとにRBFネットワークの近似関数による将来予測を行い、その有用性を検討し運営の効率化の足掛かりを得ることを目的とする。

## 2. 既存研究の整理

CCに関する研究として、原・羽藤<sup>2)</sup>は交通サービス利用権市場を構築し、モビリティシェアリングサービスと料金設計の関係性を明らかにしている。また、Bowman and Ben-Akiva型のアクティビティモデルを用いて、都市空間におけるアクティビティの選択行動を分析し、アクティビティパターンおよびモビリティの特性の関係性を示している。また、斉藤ら<sup>3)</sup>は、確率的在庫管理問題をシェアリングネットワークに拡張し、料金によって内生的に変化する需要関数を設定することで異なる需要パターンに対して将来収益を増加させられる可能性を示している。

本研究でケーススタディとして扱う札幌都心部で展開されているCC事業「ポロクル」に関しても、研究事例が幾つか報告されている。松田ら<sup>4)</sup>は、経時変化するポート毎の利用形態を整理することで、自転車の需要および供給過多（以下、需給ギャップ）に関する現状の分析を行った上で、ポートの増設による改善効果を検証し、運営効率化の方向性を示した。また、丸山ら<sup>5)</sup>は、ポー

ト間ODをモジュラリティ指標を用いて抽出，利用パターンを可視化することにより，自転車の還流状態の抽出を試みた．しかしながら，これらの研究は，CC利用履歴を集計し，いくつかのデータマイニング手法を適用することで利用パターンを抽出する静的な分析アプローチであった．

そこで，本研究では，需給ギャップ対策として自転車の再配置の効率化を見据え，大量に収集されるCCの利用履歴データを動的に扱えるように非線形近似モデルであるRBFネットワークを適用し，駐輪ポート毎の利用動態の短期予測モデルの構築を試みる．

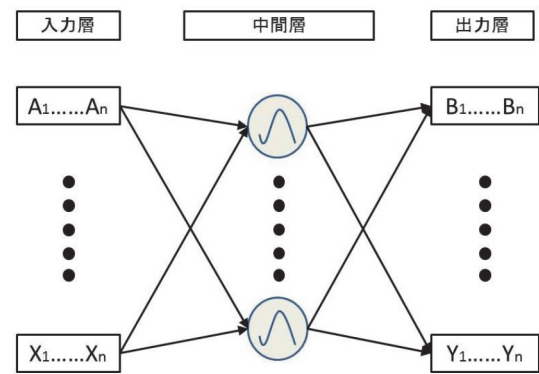


図-1 RBFネットワークの概念

### 3. RBFネットワークの概要

RBFネットワークの概念を図-1に示す．RBFネットワークは有限個の入出力データを補完する方法として提案されたニューラルネットワークである．入力層，中間層，出力層の3層から構成され，中間層にあたる複数のRBF（放射基底関数）に重みをもたせ 足し合わせることで，任意の非線形関数の近似が可能となる．また，多層パーセプトロン等によく挙げられるローカルミニマムの問題がなく，最小二乗法によって任意の非線形関数の最良近似法を導くことができるという特徴を有する．なお，入出力層に対応する数値 $n$ は $0 < n < 1$ である必要がある．



図-2 ポートマップ（2013年度）

### 4. 利用データの整理

本研究では，札幌都心部で展開されているCC事業「ポロクル」の2012年度および2013年度の利用履歴データを用いた．駐輪ポート数に関しては，2012年度では48箇所であり，2013年度では4箇所撤去と8箇所増設により計52箇所展開されている．2013年度のポートマップを図-2に示す．

ポートはエリアで区別されており，大通エリア（青），北エリア（緑），札幌駅エリア（赤），南エリア（茶），東エリア（橙），西エリア（紫）と，店舗利用中であればポロクルの料金が加算されない店舗併設型の簡易ポートであるポロクルピットが四角形で示されている．

個人情報の取り扱いについては，利用者の住所氏名等，個人が特定できる属性を消去したデータを用意した上で分析を進めた．

短期予測を行うにあたり，自転車の還流の傾向が時間帯により変化することを考慮する必要がある．松田らは，時間帯別の満車と空車の発生状況を可視化し，ラッシュアワーである平日の7時～9時，18時～21時に需給ギャ

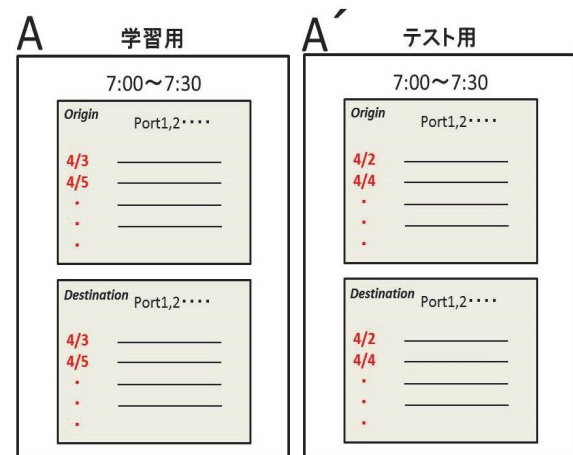


図-3 データセットの概要

ブがピークに達することを明らかにしている<sup>9)</sup>．この研究成果を参考に，本研究では，各年度全利用データのうち，朝の利用ピークである平日の7時～9時のデータを分析に用いることとした．

データ整理の手順は以下の通りである（図-3）．まず，7時～9時のデータを30分区切りでA，B，C，Dの4つの時

間帯にデータを区分する。さらに、それぞれのデータにおいて、モデルの学習用データとテスト用データに分け、A~B（学習用）、A'~D'（テスト用）の8つのデータセットを作成する。各時間帯において、トリップデータを取り出し、発生交通量および集中交通量をポート毎に集計する。

学習用データとテスト用データに大きな条件の差が生まれないよう、図-3 に示したように、データを日付順に並べ、これから交互にデータを抜き出し、奇数番のデータをA~D（学習用データ）、偶数番のデータをA'~D'（テスト用データ）とし、両者のデータ数を同等にした。

最後に、RBFネットワークのパラメータとして適切な数値 $n$  ( $0 < n < 1$ ) に変換するため正規化を行う。各利用データを $x$ 、全利用データの平均値を $y$ 、標準偏差を $z$ として式(1)を用いて $a$ を求め、この $a$ から式(2)によって $n$ を算出する。また、最大値を0.999、最小値を0.001に置き換えることで $0 < n < 1$ の範囲に縮小した。以上の方法で両年度について整理し、RBFネットワークの学習用データとして用いる。

$$a = \frac{x - y}{z} \quad (1)$$

$$n = \frac{a - MINa}{MAXa - MINa} \quad (2)$$

## 5. RBF ネットワークを用いた学習

学習用パラメータとして作成した4つのデータセットを用いる。図-4 に示したように、入力層にABCを、出力層にBCDを並べる。RBF ネットワークは行列の関係を保持したままパラメータの変化を学習するため、特定の時間から30分後の利用動態の予測が可能となる。

中間層のユニット数は任意の値で決定する。本研究では中間層を2層、ユニット数の比を10:6に固定し、各ユニット数を「5:3」「10:6」「20:12」「40:24」「60:36」「120:72」の6パターンとし、各パターンで学習を行った。

テスト用パラメータのうち、7:00~8:30までを学習の際と同様に入力層に並べ、学習に用いた中間層パターンによって6通りの予測結果を得る。結果は正規化されたパラメータが算出されるため、正規化と逆の手順をたどり元に戻し、実際の利用データと比較することで、得られた予測値の精度を検討する。

まず、本研究で使用した6通りの中間層パターンのうち精度の検討に最適な組み合わせを選択するため、誤差

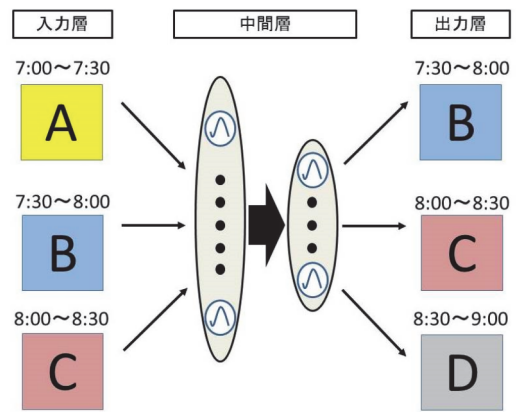


図-4 学習のイメージ

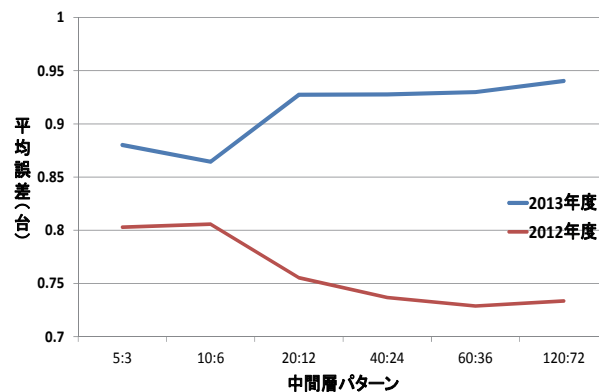


図-5 中間層パターンと平均誤差の関係

の絶対値の平均（以下、平均誤差）について、年度別に比較する（図-5）。

2012年度の利用データを用いた予測では、平均誤差はおおよそ0.73~0.81の範囲で推移し、最も精度の高い中間層パターンは60:36であった。しかし、2013年度では平均誤差が0.82~0.95と大きくなり、中間層パターンと精度の関係は逆の傾向を示している。

2013年度の予測において最良の精度を示した「10:6」の中間層パターンについて、RBF ネットワークによる予測の精度と傾向を検討するため、一日のうちピーク時にポートが利用される回数（ここでは発生量）の平均と、各ポートの平均誤差および誤差の標準偏差の関係調べた（図-6、図-7）。

利用頻度が低いポートについては1台以内の誤差に留まる傾向にあるが、利用頻度が高くなっていくにつれて、誤差が大きくなっていく傾向が読み取れる。標準偏差についても同様に、利用の増加に応じて精度が低くなる傾向が見られた。

次に、平均誤差が1.5台以上を示した8つのポート（以下、主要ポート）の誤差について詳細を分析する。日平均利用回数が多いポートから順にA~Hとし、それぞれの誤差の箱ひげ図（絶対値の最小、最大値、第1、

第3分点)を示した(図-8)。

この図からわかるように、A、Bが日平均利用回数が他より突出しているため誤差が大きく出ていることを考慮すれば、中央値は全主要ポートにおいて大きな差は見られない。このことから、利用回数0や1の際の予測の精度は高く、ポートへの自転車の流入出の大まかな流れは再現できているといえる。

## 6. まとめ

本研究では、札幌都心部で展開されているCC事業「ポロクル」の2012年および2013年度の利用データを用い、RBFネットワークによる利用動態の短期予測を行い、年度別の比較と精度を検討した。

精度の確認を行った結果、中間層パターンによる精度の変化が2012年度と2013年度で違う傾向を示した。この原因としては、①ポート増設により取り扱うデータの規模が前年度より大きくなり、学習に適した中間層パターンが変化したこと、②増設されたポートの利用頻度が少なく、学習に用いたデータに利用回数0や1のような小さな数値への偏りが出たこと、が考えられる。また、2013年度の予測精度の悪化と日平均利用回数の増加に伴う精度の低下も同様に、学習用データの大規模化と偏りが大きくなったことも原因の一つと考えられる。

今後の課題として、学習用データの規模の変化による最適中間層パターンの変化に対応した選定方法の検討、ポートのラック数を考慮した、詳細かつ現実に即した予測方法の考案、偏りを軽減しデータの小型化をはかった場合の精度の検討といった点が挙げられる。また、本研究の予測方法では、利用回数の少ないポートに関しては高い精度が得られるが、主要ポートのような利用回数が多い場合は精度が低いいため、その原因解明と精度向上を検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) 財団法人日本自転車普及協会：公共交通としてのレンタサイクルフィージビリティ調査－報告書－，  
<http://www.bpaj.or.jp/report/yokohamashi.pdf>，閲覧日2014/7.
- 2) 原祐輔，羽藤英二：共同利用型交通サービスにおけるネットワーク上での予約システムの提案，土木学会論文集D3（土木計画学），Vol.67，No.5（土木計画学研究・論文集第28巻），I\_509-I\_519，2011.
- 3) 原祐輔，羽藤英二：自転車共同利用オークションサービスの実装とそのマイクロストラクチャーに関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.39，CD-ROM，2009.
- 4) 斉藤いつみ，羽藤英二：シェアリングシステムの短期オペレーションにおける確率的在庫管理手法の導入，土木計画

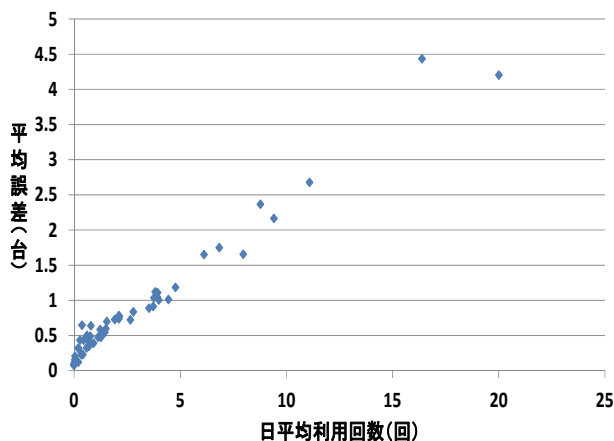


図-6 ポート利用回数と平均誤差の関係

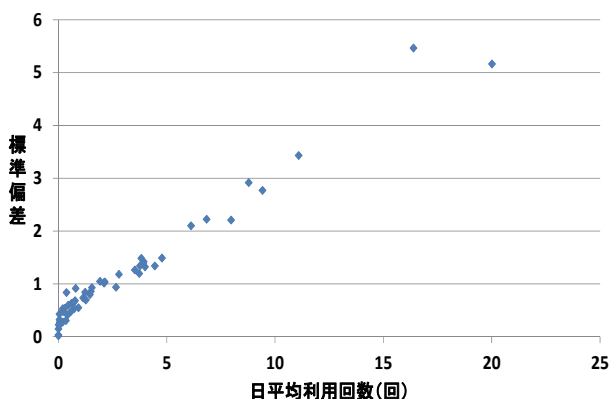


図-7 ポート利用回数と誤差の標準偏差の関係

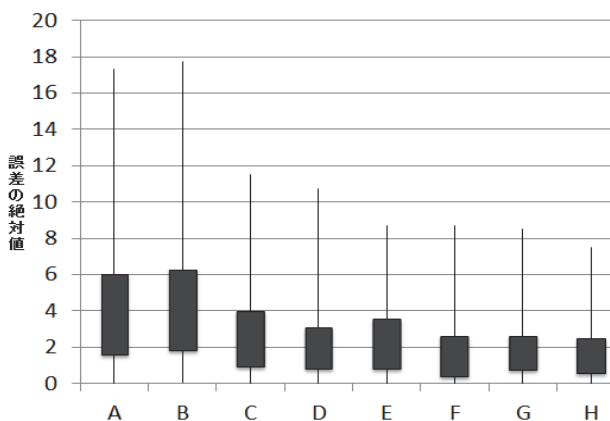


図-8 各主要ポートの誤差

学研究・講演集，CDROM，Vol.48，CD-ROM，2013.

- 5) 松田真宜，平川貴志，有村幹治：利用履歴データに基づくサイクルシェアリングの戦略的な運営手法の構築，土木計画学研究・講演集，Vol.47，CD-ROM，2013.
- 6) 丸山翔大，松田真宜，長谷川裕修，有村幹治：札幌都心部におけるサイクルシェアリングの自転車還流における基礎的研究，土木計画学研究・講演集，Vol.48，CD-ROM，2013.