混雑リスク予測　時空間データ　AI

群集誘導のための人流予測技術

佐藤 大祐（さとう だいすけ）†1 /塩原 寿子（しおはら ひさこ）†1
宮本 勝（みやもと まさる）†1 /上田 修功（うえだ なおのり）†2

NTTサービスエボリューション研究所 †1
NTTコミュニケーション科学基礎研究所 †2

NTT研究所では観測される不完全なデータから，場の時空間モデルを学習することで，オリンピックのように事前の学習が困難な大規模人流の誘導の実現をめざしています．本稿では，人流誘導に必要な，混雑リスクを事前に予測するための「時空間変数オンライン予測技術」と，技術の活用に向けた研究開発の取り組みについて紹介します．

背　景

人が多く集まるような観光・商業エリアや大規模なイベント会場では，大きな事故につながるほどの混雑が発生してしまう可能性があります．そのような場において，人々が安全かつ快適に移動できるように誘導することはとても重要です．これは，エリア全体の現在の人の流れを把握し，複雑な要因で発生する混雑を事前に予測し，適切な対策を打って誘導することで実現することができます．また，誘導を実施することで人々の挙動が変化するため，変化した人流を再度センサなどにより計測して把握し，次に起こる混雑を予測するサイクルを繰り返すことにより，絶え間なく変化する人流を適切に誘導することが可能になります．

本稿ではこの一連のサイクルのうち，人流の予測を実現するための技術である「時空間変数オンライン予測技術」と，技術の活用に向けた研究開発の取り組みについて紹介します．

時空間変数オンライン予測技術

大規模イベントなどの混雑する場において，混雑リスクを事前に予測しておくことは大切です．混雑リスクの予測といった場合，例えば入場ゲートのように，あらかじめ混雑しそうな場所が分かっていて，その時間や混雑の度合を予測したい場合と，いつ・どこで発生するか分からない，想定外の混雑の発生を予測したい場合があります．このうち，後者の解題を解決するための技術が時空間変数オンライン予測技術です[1]．

時空間変数オンライン予測技術の処理概要を**図1**に示します．混雑状況の観測を行うエリア内の，時間，空間座標に紐付いた値を持つ時空間データが入力となります（**図2**(a)）．例えば，GPSを利用した位置情報データや，イベント会場内に設置された位置センサによる人数カウントデータなどがこれにあたります．次に，入力されたデータから，観測されていない場所の未知の値を推定し，滑らかな空間データを観測時刻ごとに作成します（図2(b)）．このようにしてつくられた時系列の空間データを基に，各時間に共通する場の特徴をとらえた，潜在的な構造のモデルを構築します（図2(c)）．このモデルを蓄積されたデータや新しく入力されてくる直近のデータに対して当てはめることで，観測対象領域内での統計的な人の動きの変動を，潜在的な構造における時系列パターンとして得る

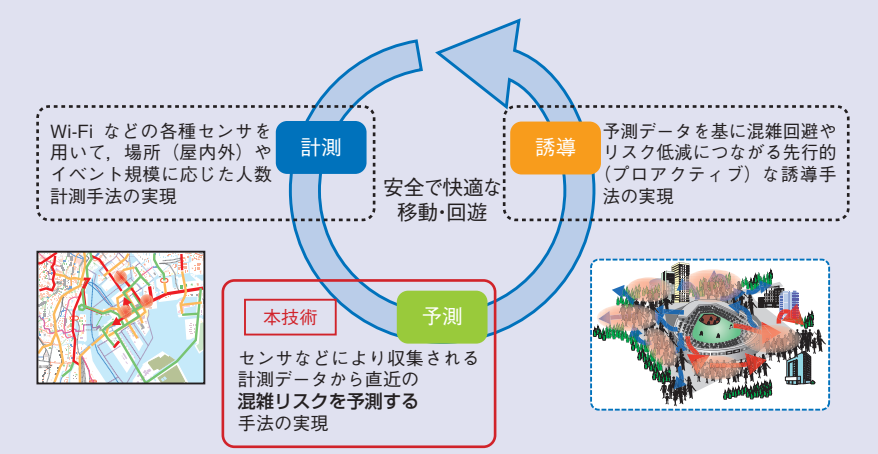


図1　安全で快適な移動・回遊を実現するためのサイクル

ことができ，このパターンを学習することで近未来の変動の予測を行います（図 2 (d)）．

空間的・時間的に近いデータは類似するという仮定のもと予測を行う従来法では，急激な変動を予測することが難しいという問題点がありました．時空間変数オンライン予測技術は，潜在的な構造モデルにおける時系列の変動パターンを学習するため，大きなトレンドの変動にも追随しながら予測することが可能です．

人流データ時空間予測ソフトウェア

リアルタイムに収集したセンサデータから現在の混雑状況を可視化し，蓄積された時空間データを基に時空間変数オンライン予測技術によって将来の混雑状況の予測を実現したのが「人流データ時空間予測ソフトウェア」です．

ソフトウェアの全体概要を**図 3** に示します．入力として，BLE（Bluetooth Low Energy）ビーコンの検知イベントやWi-Fiアクセスポイントのログによる検知端末数，カメラ計測による人数情報のほか，一般的な時空間情報を扱います．入力されたデータは解析サーバで処理され，API（Application Programming Interface）サーバを通じて外部に処理結果を提供します．出力は現在および予測された数値としての混雑情報と，混雑情報を色の濃淡で表現することで可視化したヒートマップ画像の 2 種類です．

混雑状況を計測するためのセンサ

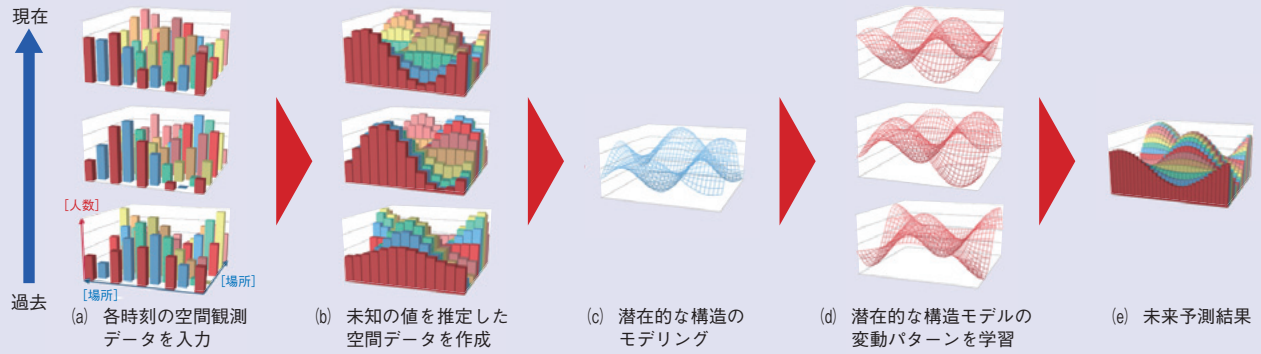


図 2　時空間変数オンライン予測技術の処理

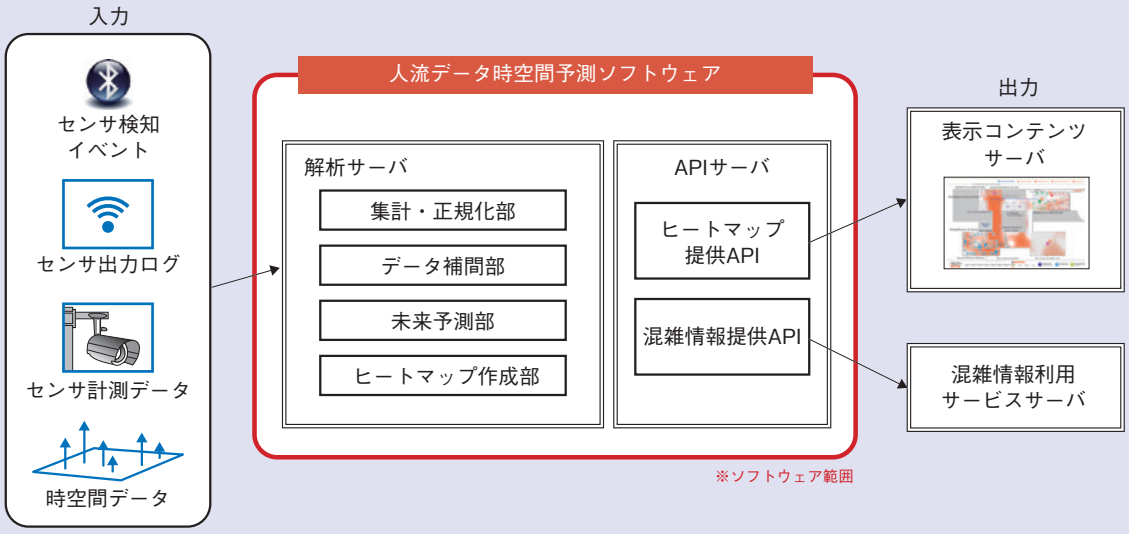
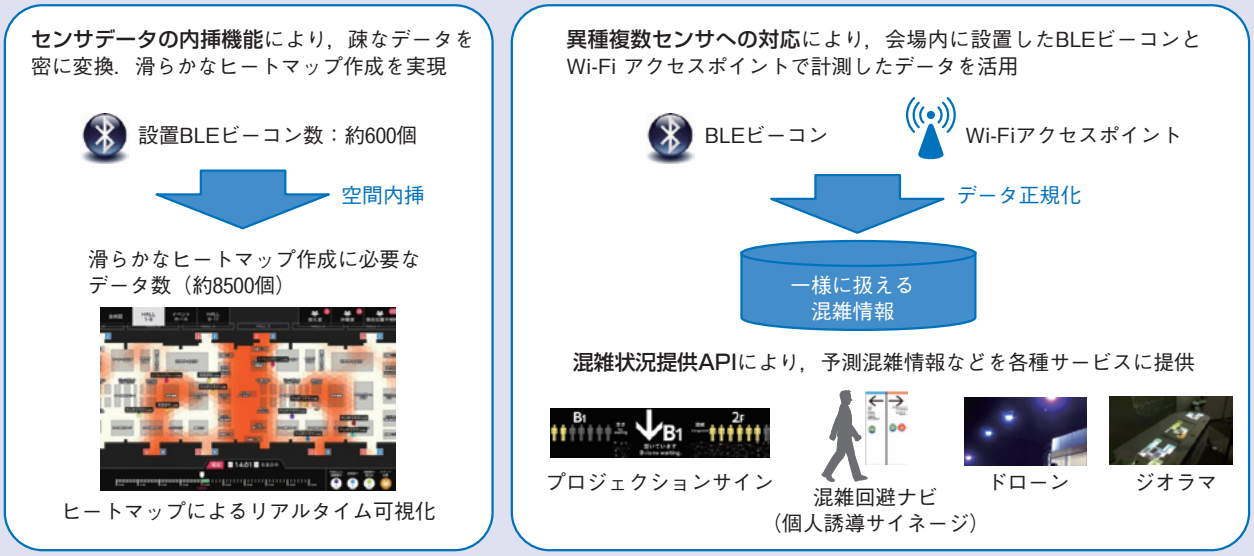


図 3　人流データ時空間予測ソフトウェア概要



(a) ニコニコ超会議2016
総来場者数：約15万人（2日間）

(b) NTT R&Dフォーラム2017
総来場者数：約1.3万人（5日間）

図4　大規模人流が発生するイベントでの実証実験

は，新規に設置するためのコストや検知精度などが装置によって異なるため，状況や目的に応じて複数のセンサを組み合わせて利用することが想定されます．本ソフトウェアでは，予測を行う前の前処理として，センサごとに異なる検知範囲および検知割合の差異を吸収し，一様に扱える混雑情報に変換する機能を備えており，異なる種類の計測センサを組み合わせて入力とすることが可能です．

大規模イベントでの実証実験

実際に大規模人流が発生する2つの大きなイベントにおいて，人流データ時空間予測ソフトウェアを用いた実証実験を行いました（**図4**）．

■ニコニコ超会議2016

2016年4月29～30日に幕張メッセで行われたニコニコ超会議2016では，会場内の混雑状況を可視化することでイベント運営者や施設運用者，来場者に対して，混雑リスクについて気付きを与えるサービスの提供を行いました[(2), (3)]．このイベントでは，会場内に約600個のBLEビーコンを設置し，ビーコンからの電波を受信したデータをアップロードするアプリを来場ユーザに提供し，システムの入力としました．

■NTT R&Dフォーラム2017

2017年2月16～17日に行われたNTT R&Dフォーラム2017では，BLEビーコンとWi-Fiのアクセスポイントを会場内に設置し，公式アプリ経由でアップロードされたデータを入力としています[(4), (5)]．このイベントでは，API経由でほかのサービスに対して現在および予測された混雑情報を提供することで，さまざまなかたちでの価値提供を行いました．

2つのイベントともに，当日に取得した直近のリアルタイムセンサデータのみを用いて，20分先の混雑状況の予測を行いました．実験後に行った予測精度の評価で，大きな混雑増加に対し，従来手法よりも高い精度で予測できることが確認できました．

NTTドコモでの実用化に向けた取り組み

現在，NTTドコモでは本技術を活用し，時空間変数オンライン予測技術と，NTTドコモ携帯電話ネットワークの仕組みを利用して作成される人口統計*（人口統計）により推計した250～500 mメッシュ単位の人口統計データを組み合わせることで，現在および数時間先の近未来の人数予測を行うことができる「近未人数予測™」の実用化に向けたトライアルを行ってい

＊本実験で用いられる人口統計は，エリア毎や属性などの集団の人数を示す情報であり，お客さま個人を特定できる情報を一切含みません．したがって，この人口統計によりお客さまの行動が他人に知られることはありません．なお，本技術で用いられる人口統計は，モバイル空間統計ガイドライン[(7)]を遵守しております．

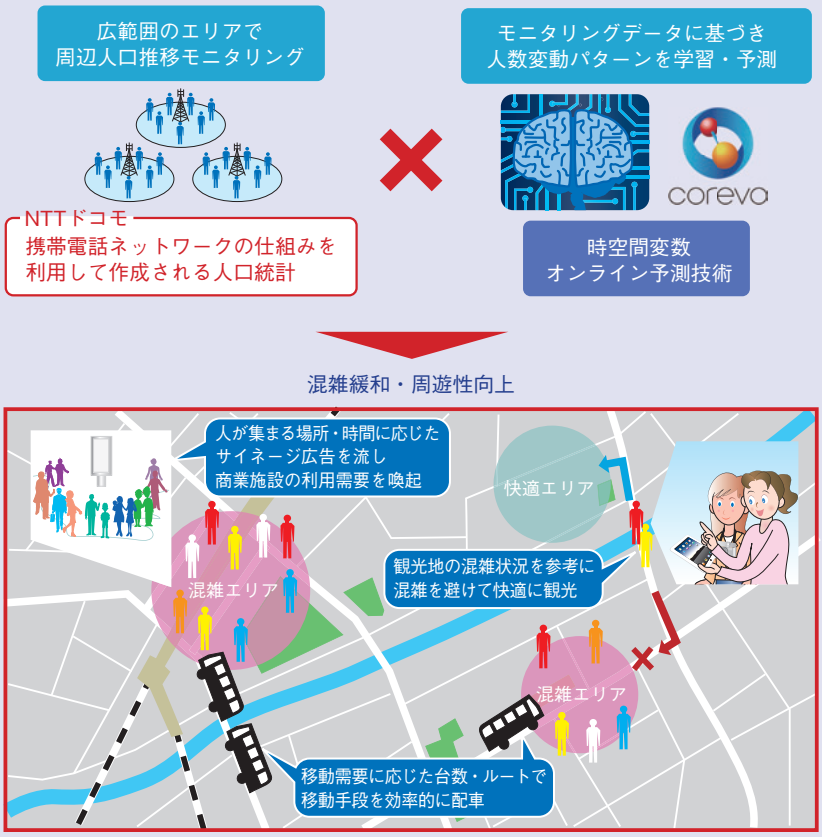


図5　近未来人数予測TMの仕組み

ます[6]（**図5**）．

人口統計の時系列データから時間と空間の影響パターンを学習することで，数時間先の250～500 mメッシュ単位の人数を10分単位で予測することができます．また，予測した現在，および近未来の人数を，スマートフォン，タブレット端末，デジタルサイネージ等により可視化するサービスの検証を実施します．

観光地や商業施設の混雑，交通手段の供給不足という課題に対し，現在，および近未来の人数予測を活用することで，混雑に巻き込まれない観光地や商業施設を案内することや，バスやタクシーなどの移動手段を効率的に供給することが可能になると考えられます．また，災害や事故発生時においては，現在の人数分布に応じた効率的な救助隊の派遣により，適切な初動対応の実施が期待されます．スポーツの試合や花火大会のような大規模イベントでは，開始前は施設の最寄り駅が混雑し，イベント開催中は施設周辺に人が集中，開催後は周辺繁華街に拡散するといった人の流動が想定されますが，近未来の人数分布を利用した警備員の動的配置により，事故・防犯対策の強化につながると考えられます．

今後の展開

今後も引き続き人流予測技術を実用化に結び付けるため，トライアルなどの取り組みを行っていきます．また，予測した混雑リスクを基に，混雑を未然に防ぐための誘導策の導出につなげるなど，より多くの新しい価値を提供できるようにさらなる研究開発を進めていきます．

■参考文献

(1) 上田：“時空間予測技術に基づく先行的集団最良誘導，”応用統計学，Vol.45，No.3，pp.87-102，2016.
(2) http://www.ntt.co.jp/news2016/1604/160425a.html
(3) 佐藤・美原・佐藤・田中・宮本・佐久間：“BLEビーコンを利用した混雑度可視化サービス，”情報処理学会論文誌　コンシューマ・デバイス＆システム，Vol.8，No.1，pp.1-10，2018.
(4) http://www.ntt.co.jp/news2017/1702/170213a.html
(5) http://www.bcm.co.jp/ntt-solution-guide/pdf/ntt-2017-04-02.pdf
(6) https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2017/09/20_00.html
(7) https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/guideline/index.html

（左から）佐藤　大祐／塩原　寿子／
宮本　　勝／上田　修功

データを活用した社会的にインパクトのある新サービス実現のための研究開発に取り組んでいます．IoTデバイスなどで得られた時空間データの活用にご興味の方はご連絡ください．

◆問い合わせ先
NTTサービスエボリューション研究所
プロアクティブナビゲーションプロジェクト
TEL　046-859-2801
E-mail　epp-hosa@lab.ntt.co.jp