

# メカデザ×機械学習による混雑コントロールシステム CRAB の開発 —協調をサービスとして社会に実現させる一つの試み—

## 1. 背景

正しい成果を容易に得たい。自動化、機械化という形で人体を代替したこの普遍の要求は、現在 AI に形を変え、意思決定の単純化、省力化を強力に推し進めている。機械学習の主たる応用先である個別最適化ツールや推薦システム、予測機は日々の大小の意思決定を簡便に、かつ正確に行うための意思決定補助ツールとしてみることができる。我々はこの潮流を全面的に肯定するが、他者の意思決定が正しい選択を決定する状況において、現状の AI システムでは意思決定をサポートできないという点を強調したい。

代表的な例が混雑現象、すなわち多くの人が選ぶほどにその選択肢が魅力的で無くなる現象である。例えば満員電車や交通渋滞、病院の待合室、テーマパークのアトラクション、昼食場所の選択など、人混みの不快感や待ちという形で混雑現象は社会に広く存在している。問題はこれら混雑現象の予測が当たらないことだ。予測はそれを見た人の選択を変えるため、予測と実現する混雑に乖離が生じる。故に、その予測に基づいた選択は、後から振り返ると最適でなくなるかもしれない。この「事前の最適性」と「事後の最適性」の乖離こそ混雑を問題たらしめる主要因である。また、より現実的には、モデル上では適切に設計されたはずの予測を見ても、人々が正しい選択肢を選べるとは限らないという問題もある。

## 2. 目的

必要なのは、実現する分布の計算と最適な意思決定を代替するレコメンド機能である。我々の提案する Credible Recommender based on Agent-made Billboard (CRAB)はこの二つを実現する混雑コントロールシステムだ。CRAB はまず、当該混雑現象の均衡状態、すなわち一人だけ行動を変えても得できない状態を計算する。次にその均衡を構成するための行動を個別にレコメンドする。この時、各人が従うインセンティブ条件を満たすようなレコメンドを導出することで、後から振り返っても後悔のない選択を無理なく実現させることが可能となる。均衡の計算、および望ましい均衡の選択を実アプリケーションとして許容される時間で実行できるアルゴリズムの開発は、混雑コントロールを汎用的な技術とするための重要なステップであり、本プロジェクトの大きなチャレンジとなる。

混雑コントロールという都市計画者(行政や都市開発事業者)へのメリット、正しいレコメンドという消費者へのメリット、そしてレコメンドを通じて消費者に直接アプローチできるという財の供給者へのメリット、三方へのメリットを実現する CRAB は、均衡という汎用的なソリューションを武器に、街の随所へと実装される。さらに我々の開発する混雑シミュレーターがその導入をサポートする。一つのスーパーアプリとしてではなく、小さな協力をたくさん実現させる局所的なアプリケーションの集合体として、CRAB は快適な都市生活に貢献するのである。本プロジェクトでは CRAB の実証実験をはじめ、混雑コントロールのビジネスとしてのポテンシャルを検討することも目標とする。

### 3. 製品・サービスの内容

#### 作成するサービス

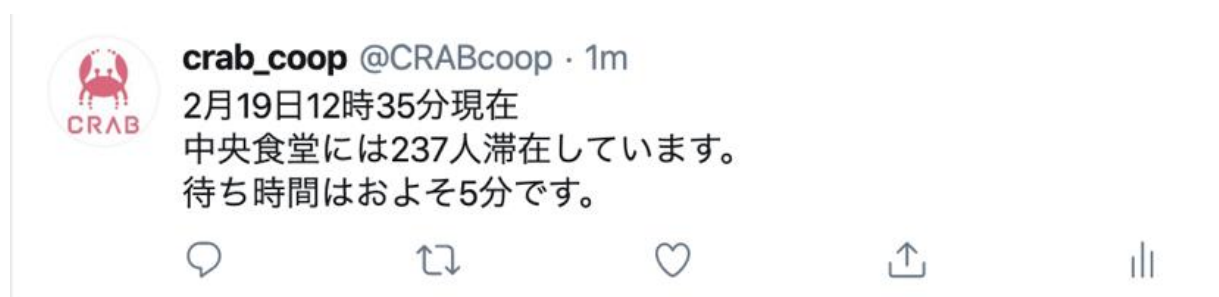
1. いつどこに行くべきかをレコメンドする小さなアプリケーションの集合体 CRAB（サイネージや line/slack 等の bot、スマートスピーカー上のアプリで個別レコメンドを行う）
  - 以下の 3 つの情報からプラットフォーマーの目的関数を最大化する均衡を実現するためのレコメンドを作成し表示するシステムである
    - ① 現在の混み具合
    - ② 過去の混み具合
    - ③ 人々の申告した選好情報（オプションル）
2. 上記アプリケーションの導入支援用混雑シミュレーター
  - プラットフォーマー/財の供給者が使用するソフトウェア
  - 以下の 4 つの情報から需要予測を行い提供する
    - ① 現在の混み具合
    - ② 過去の混み具合
    - ③ 人々の申告した選好情報（オプションル）
    - ④ CRAB の出しているレコメンド
  - 付随して以下の機能を提供する
    - ① 需要予測
    - ② レコメンドの試行錯誤
    - ③ レコメンドに出す頻度への課金、競合相手の情報

CRAB を構成する技術ごとに取り組みを記述する。

1. 計測:リアルタイムな混雑状況を計測

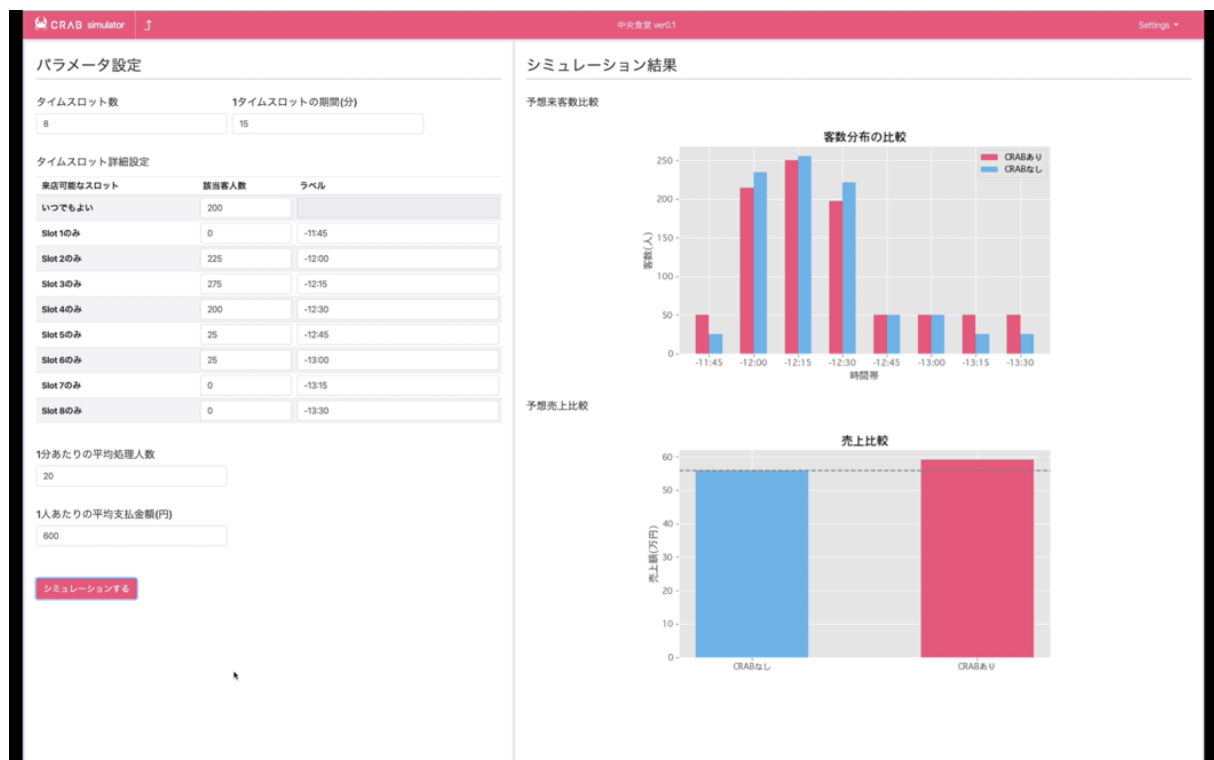
東大生協食堂を対象としたセンサーによるリアルタイム混雑状況の取得システムを作成した。

twitter bot



2. 推定: 蓄積されたデータから行動モデルを推定  
上記を対象とするモデルを作成、過去の混雑状況からモデルを推定する手法を作成した。
3. 均衡計算/均衡選択: モデルを元に望ましい均衡状態を計算  
「個人しか知り得ない情報」に注目した混雑コントロールシステム simple mediator と、「過去のデータ」と「現在のデータ」を用いる混雑コントロールシステム information design を作成した。中央食堂の例において information design を実装し、検討した。
4. レコメンド: 均衡が実現するように行動をレコメンド(出し方を含め)  
レコメンドを発信する手法としてラズベリーパイを用いたモニター、ツイッター、line や slack の bot 機能を作成した。これらを生協食堂の例で実装するとともに、より大きな問題に売り込むためのデモアプリケーションを作成した。

混雑シミュレーターの要素技術は CRAB を実現するものと同様である。そのため、特有の技術的困難はなく、ユーザーインターフェイスの作成に注力した。



このシミュレーターは混雑緩和対象の市場において財を提供する主体に対し、「需要の予測」「レコメンド変更による結果のシミュレーション」を提供する。これにより、プラットフォームは新たな新規の経営目標を達成するためにレコメンドをどう変更すれば良いかを自ら試すことができ、財の提供者たちはレコメンドへの登場頻度が来客数にどう影響するかなどのシミュレートや、それを元にレコメンド登場回数への課金等を行うことができる。

#### 4. 新規性・優位性

混雑対策としての新規性について述べる。現在混雑コントロール策として用いられる施策は主に①混雑料金制度、②ピークシフトの呼びかけ、③キャパシティの増大、の三種類である。もちろん理論的な保証があるという点で混雑料金制度は他の二つに比して優れた解決策であるが、金銭の受け渡しに伴う制度は医療や公共交通といった規制産業への導入は困難であり、さらに倫理的な問題も伴うため、混雑に苛まれている分野で効力を発揮するためには実務上もかなりの労力を要する。②は実行が容易であるものの効果の保証が乏しく、③は現在の大都市などすでにキャパシティの増大を経験してしまった都市では容易には実行できないという問題点がある。

CRABは金銭的貸与を伴わない理論的保証のある混雑コントロール手法として既存の対策とは一線を画すものである。さらに、広告市場を作れることからビジネスとしてのポテンシャルも高い。

#### 5. 事業普及（または活用）の見通し

本来の目指す市場における実証実験を行うための技術検証段階である。

#### 6. 期待される波及効果

需要予測による波及

CRABの均衡というソリューションは実現する予測を可能にする。これは単に予測という観点から行って重要な性質であり、シフト調整や在庫管理といった分野を大きく進展させうる。

広告業界

CRABのレコメンド機能は広告という存在に新たな意義を求める。現在の広告は目につく可能性を増やすという一点に重点が置かれているが、それにより消費者が不快感を募らせていることもまた事実である。CRABのレコメンドは基本的には財に対して人々を分散させる方向に働く。すなわち、レコメンドをただ放っておくと顧客が減ってしまう供給者がいるということになる。CRABにおいて広告はこの「放っておいたら別のところに流れる人を自分のところにとどめておく」ために働くものである。現状の買いたいかどうか分からない潜在的顧客を統計的に突き止めて広告を配給する仕組みよりも、はるかに効果的に働く広告をCRABにおいては創ることができる。

#### 7. イノベータ名（所属）

池上 慧（東京大学大学院経済学研究科）

松下 旦（東京大学大学院経済学研究科）

奥村 恭平（東京大学大学院経済学研究科）

（参考）プロジェクトホームページ：<https://crab.jp/>