

域内トラック輸送物流シミュレータのための Ambient 式生成システム

榊原 佑真[†] 加藤 暢[‡]

近畿大学大学院総合理工学研究科[‡]

1. 研究背景

物流業界では、いわゆる 2024 年問題により特にトラックによる輸送力の低下が懸念されている。その一方、域内中ロット貨物輸送は、近隣の営業所であっても個別に配送計画を立案するため効率が上げられず、積載率は約 40%に留まっている。この問題に対応するため AI を活用した様々な配車計画システムが研究され、コスト最小化、最適積載効率、最短ルートなど、輸送手段の最適化が目指されている。しかし、最適化を実現するには、解の存在確認と組み合わせの最適化の 2 点で組み合わせ爆発の問題への対処能力が必要とされているが、未だに有効策は確立されていない。

2. 研究目的

現在、国内貸切トラック輸送の約 9 割が関東、関西域内といった地域ブロック内で動いている [1]。また、地域ブロック内をまたぐ長距離輸送は 1~2 割程度の貨物の偏りがあり、往復実車が進んでいるため、本研究では域内中ロット貨物輸送のみに着目する。図 1 は「域内中ロット貨物輸送の現状」であり、複数のトラックが荷主ごとに個別に配送を行っている様子を表す。このような貨物輸送に対し、従来は荷主ごとに配車スケジュールが生まれ、それぞれ独立して配送されていた。本研究で提案する方法は、複数地区、複数荷主を網羅して積載効率を上げながら必要となるトラック台数削減が可能となる大枠のプランを現場提示し、現場は当該情報をもとに混載も視野に入れながらスケジューリングを行うものである。例えば①~③までの貨物をトラック 1 が配送するようなプランである。

本研究では、物流システムのモデル化に適した Ambient Calculus (AC) [2] の文法を拡張し、AC の式、即ち物流システムのモデルを自動生成するシステムを提案する。

3. Ambient Calculus とその拡張

AC はプロセス代数の一種であり、名前付きの [括弧] の入れ子、並列演算子、そして in, out, open

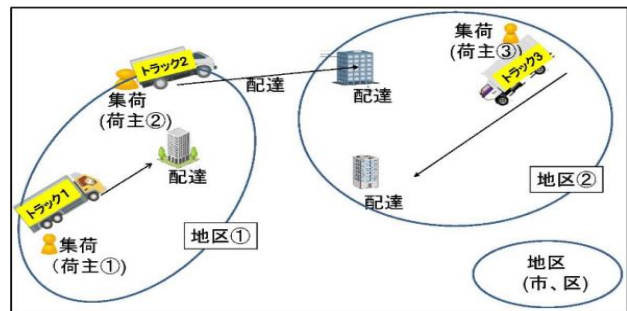


図 1 域内中ロット貨物輸送の現状

等の capability と呼ばれる構文要素だけで対象物の持つ動的な階層構造を代数的に表現可能という特徴を持つ。AC は一般には対象物の性質を数学的に解析するために用いられるが、我々は動的な階層構造に対する AC の表現力が物流システムのモデル化に適している事に注目し、AC を用いた物流システムを監視する仕組みや、効率的な配送計画立案に関する研究に取り組んできた。

3.1 条件付き Enter Capability

域内で連携した配送計画をたてる場合、混載される貨物は一定の条件を満たす必要がある。条件を満たす貨物のみトラックに積み込む動作を表すため、本研究では in capability を拡張した qin capability (qualification in) を提案する。qin による遷移条件を以下のように定める。

1. 貨物 ambient の Type とトラック ambient Type (貨物の種類) が一致する
2. 貨物 ambient の重量 (Weight) がトラック ambient の積載容量 (MaxWeight) を超えない
3. 貨物の配送先とほぼ同方向に向かうトラックが存在する

図 2 の式は千代田区に貨物 (Cargo) が 1 つ、トラック 2 台 (Truck#1, #2) がある状態である。式中の qin では、Truck#2 が遷移条件 1 と 3 を満たさないため、Cargo は Truck#1 への Enter 動作を選択しない。一方 Truck#1 は遷移条件を全て満たしているため、Cargo はその中への Enter 動作を実行する。

3.2 データベースから最適な展開を行う openDB

遷移条件 3 に対応するため、各市町村の緯度経度を登録したデータベースを利用する。

目的地の異なる複数の荷物をトラックが混載するという状況を通常の capability で表現しようとすると、AC の非決定性によりトラックが向

Ambient process generator for intraregional trucking logistics simulator

Yuma Sakakibara, Toru Kato, [‡]Graduate School of Science and Engi-neering Research Kindai University

```

Chiyoda[
  Cargo[
    qin Truck
    |info[
      Type [<machine>]
      |Weight [<1000>]
      |dest [<Toshima>]
    ]
  ]
  |Truck#1[
    info[
      Type [<car>|<machine>]
      |MaxWeight [<3000>]
      |Weight [<1500>]
      |dest [<Bunkyo>]
    ]
  ]
  |Truck#2[
    info[
      Type [<car>]
      |MaxWeight [<3000>]
      |Weight [<1500>]
      |dest [<Taito>]]
    ]
  ]
]

```

図2 qin の例

かう次の目的地がランダムで選択されてしまう。これらの荷物の目的地の中で、データベースの情報により最も近い場所をトラックの次の目的地に設定するという動作を表現するための capability として、本研究では openDB(open database)を提案する。これにより距離が最も近い市区町村を保持した距離(dest)ambient を決定的に展開し、その場所をトラックの目的地として設定可能となる。図3は openDB の例である。トラック(Truck)内に距離(dest)ambient を2つ保持している。これらは現在地である渋谷区から、比較対象の新宿区と練馬区への距離情報である。openDB はデータベースの情報から新宿区のほうが練馬区より近いと判断し、新宿区の dest が展開され、その後の遷移動作によってトラックが新宿区に遷移する。

```

Chiyoda[
  Truck#1[
    openDB dest
    |info[dest [<Toshima>|out Cargo]]
    |info[dest [<Shinjuku>|out Cargo]]
  ]
]

```

図3 openDB の例

4. 域内輸送のための AC 式生成システム

本研究ではトラック輸送会社などが発行する送り状などの書類のデータから域内輸送のための AC 式を自動生成するシステムを提案する。図4は実際の書類を想定した Excel ファイルである。このファイルから AppachPOI によって発着地、到着地、貨物の種類、重量を抽出し、抽出した情報を雛形に代入することで AC 式を生成する。図5は、図4の発着地が千代田区、到着地が豊島区で重量が 2000kg、品目が書類である貨物の入力用データファイルからデータを抽出し自動生成された AC のプロセス式の一部である。このよう

な式を自動生成することで域内輸送を形式的にモデル化することができる。

発着地	到着地	実重量(kg)	品目
千代田区	豊島区	2000	書籍・印刷物・記録物
千代田区	墨田区	1300	書籍・印刷物・記録物
江戸川区	北区	2000	書籍・印刷物・記録物
江戸川区	北区	2000	書籍・印刷物・記録物
江戸川区	大田区	1500	書籍・印刷物・記録物
江戸川区	北区	1500	書籍・印刷物・記録物

図4 プロトタイプ用入力データファイル

```

Chiyoda[
  Truck#1[
    openDB dest
    |
    |!info[
      Type [<book>]|MaxWeight [<3000>]|dest [<Toshima>]]
      |(x).out Chiyoda.in x.
      forNext[out Truck.open motion
      ]
      |!open A
      ]
    |Cargo#Chiyoda1[
      qin Truck.qout Truck
      |!info[
        Type [<book>]|Weight [<2000>]|dest [<Toshima>]
      ]
    ]
  ]
  |Toshima[
    !motion[
      A[open dest
      |in Truck.(x).out Toshima.
      in x.forNext[out Truck.open motion
      ]
      ]
    ]
    |!open forNext
  ]
]

```

図5 自動生成された AC のプロセス式

5. まとめ

本研究では、域内物流システムのモデル化に適した AC の文法の拡張、及び AC 式自動生成システムを提案した。動作実験として営業所が4店、そのうち2点に貨物2つ、トラック2台がある場合の式の生成を行い、現在構築中の AC の処理系を用いて全パターン組み合わせを得るのに約1時間を要した。また現状では大規模な式生成にも十分に対応できていない。今後物流現場の規模に対応した AC のプロセス式生成、及び処理系の速度の改善を行い、実用に耐えられる配送計画立案シミュレータを構築する予定である。

参考文献

[1] 国土交通省. 全国貨物純流動調査(物流センサス)報告書, (2015).
 [2] Cardelli et. al, "Mobile Ambients," Theoretical Computer Science, vol. 240, pp. 177-213 (2000).