

高速道路休憩施設におけるコラム式駐車による 貨物車両の駐車容量拡大手法に関する研究

渡邊 大樹¹・平田 輝満²

¹ 学生会員 茨城大学大学院 都市システム工学専攻 (〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1)

E-mail: daiki.watanabe5062@gmail.com

² 正会員 茨城大学大学院教授 都市システム工学領域 (〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1)

E-mail: terumitsu.hirata.a@vc.ibaraki.ac.jp (Corresponding Author)

高速道路 SA/PA における大型貨物車の駐車マス不足が深刻化する中で、欧州地域での混雑対策として出発時刻管理により物理的拡張なく駐車容量拡大ができるコラム式駐車 (Col-P) が実証実験されている。本研究では我が国における Col-P の検討がされていないことを踏まえて、Col-P の導入可能性検討をシミュレーションにより行った。まず、「許容時刻差」という新たな指標を用いて判断するシミュレーションを構築した。次に開発されたシミュレーションを用いて海老名 SA (上り) をケーススタディとして分析を行い、Col-P 導入割合、許容時刻差、出庫遵守率について効果分析を行った。その結果を用いて、さらなる駐車容量拡大の可能性として、コラム式駐車への入庫条件の各パラメータを時空間的に制御することで駐車効率を上げる方法を見出すことができた。

Key Words: Column Parking System, highway service area, the expansion of rest areas, large freight vehicles

1. はじめに

(1) 背景

近年我が国の高速道路 SA/PA における大型貨物車の駐車マス不足が深刻化している。駐車できない車両は枠外に違法駐車する車両もみられる。これらは事故の危険性や本線の交通に影響を及ぼす可能性があるため大きな社会問題になっている^{注1)}。

深夜帯が混雑する原因としては、SA/PA を休憩休息としての利用のみならず、荷主先への翌朝の到着や深夜割引適用を目的とした時間調整の為に駐車場代わりとして利用されていることが明らかになっている^{注2)}。また、2024 年度からは、ドライバーの労働条件について、「年 960 時間」の上限制約が始まり休息機会も増えるほか、さらなる高速道路利用貨物車の増加に伴い、SA/PA 利用

者も増加することが予測される。我が国の SA/PA における貨物車両の駐車マス不足は喫緊の課題である。

欧州の貨物車両の駐車マス不足の対策として、「コンパクト駐車 (以下 Com-P)」や「コラム式駐車 (以下 Col-P)」が行われている^{注3)}。これは出発時刻の近い貨物車両を縦列に並べて駐車を行うことでハード面の拡張整備なく駐車容量を拡大する手法である。特に、Col-P は、休憩施設の入り口に発券所を設け、ドライバーは休憩時間と出発時刻を入力すると、システム側が駐車位置を決定する。その後ドライバーは誘導に従って決められた駐車位置に駐車を行う方式である。システム側は前のトラックが後ろのトラックより出発時刻が遅くならないようにしつつ、駐車効率が最大化できるように駐車位置を決定するものである。

この方式は、現在ドイツのアウトバーンで実証実験が

行われている。この実験地は長距離都市間を結ぶ道路の休憩施設で、EUの厳格な労働条件により休憩・休息を求める車両が多く、ドイツの環境意識の高さから新規拡張を好まないことから出発時刻管理による縦列駐車方式に適した環境である。

我が国における需要特性を考慮した出発時刻管理による駐車容量拡大の可能性については議論があまり進んでいないが、国土交通省の「高速道路 SA・PA における利便性向上に関する整備方針」により、駐車容量拡大の短期的な対策として、2024年度より複数縦列式（コラム式）の導入を検討して行くことが示されている^{注4)}。

また、今後 EV 充電や中継輸送、トレーラ・トラクタの連結拠点、物流拠点といった多様な役割が SA/PA に求められる可能性がある。自動運転無人走行が普及すると休憩・休息としてのニーズが減少することも予測される。このような変化に対して柔軟に対応しながら一定量の駐車容量を確保する際に、縦列駐車により省スペース化を図れる、出発時刻管理による複数縦列駐車手法を検討することが有用になる可能性もある。

(2) 既往研究

Col-P のような出発時刻管理による複数縦列方式の現在の導入は極めて限定的であり、出発時刻管理による複数縦列駐車方式は明確な知見が少ない。海外の Com-P に関する研究としては¹²⁾、Com-P の基礎的な導入背景、シミュレーションを用いた Com-P の容量拡大可能性といった、Com-P を使用する場合についての駐車容量拡大可能性は研究されてきているが、Col-P については研究されていない。

我が国においては、深夜帯の貨物車両駐車場の慢性的な混雑を背景として、駐車場利用特性の分析や利用実態の把握、レイアウト変更による駐車容量拡大手法の比較に関する研究⁴⁾⁶⁾は行われてきているが、出発時刻管理による複数縦列駐車方式に関する研究は少ない。先行研究として、深谷が行った研究⁷⁾では、Com-P を利用して、8 時間以上の長時間駐車車両を優遇する駐車方式を提案し、パーキングの利用効率が評価可能なシミュレーションを構築した。これを利用して、効果的な Com-P の条件についてケーススタディにより定量的に示しているが、より柔軟で効果が見込める Col-P については検討していない。

(3) 本研究の目的

以上を背景に、以下の 2 点を本研究の目的とする。

- ・ Col-P の運用を再現可能なシミュレーションの開発
- ・ 我が国の駐車需要の特性に応じた Col-P の運用方法の検討

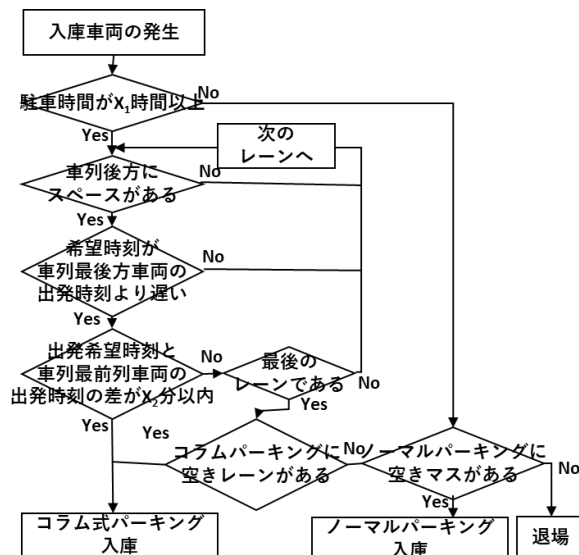


図-1 駐車決定のフロー図

2. Col-P シミュレーションの構築

本章では、Col-P の運用を再現可能なシミュレーションの開発を行う。具体的には、駐車効率を最大限向上させるため、高速道路 SA/PA 内の一部において Col-P を導入することを考える。実際には通常のノーマルパーキング（以降 NP）がすべて Col-P に置き換わることはドライバーの理解が得られないと考えられることから、NP と Col-P が共存する SA/PA を想定する。NP を短時間の駐車、Col-P を長時間の駐車という役割分担を想定して検討を行う。なお、本研究では簡略化のために貨物車のみを対象にシミュレーションを行っており、貨物車以外（バス等）の大型車は考慮していない。

駐車需要に関するインプットは、NEXCO 中日本から提供を受けた ETC/FF データから、海老名 SA（上り）の入退場時刻を抽出し、対象エリアへの到着時刻と出発希望時刻としてシミュレーション内で与えた。毎秒の処理のステップは大きく 3 つあり、入庫可否と駐車位置の決定、出庫、データの記録である。入庫可否と駐車位置の決定方法については図-1 に示すアルゴリズムで行った。Col-P に駐車する車両は先行研究同様、長時間の駐車に限定することとする。そのため、第一の分岐として、休憩時間の長さ X_1 で選別し、短時間駐車の場合は Col-P ではなく NP への駐車または駐車不可とした。次に各レーン駐車位置を検索して、以下の 3 条件を満たした場合、車列の後方に入庫指示を行う。

- ① 車列後方にスペースがある
- ② 希望時刻が車列最後方車両の出発時刻より遅い
- ③ 出発希望時刻と車列最前列車両の出発時刻が X_2 以内である

条件③については、最前列車両が出庫してからなるべく短い時間の中で後続車両も出庫することで駐車効率を上

げることができるためである。この各レーン最前列車両の出発希望時刻と自身の出発希望時刻の差 X_2 を「許容時刻差」とする。

すべてのレーンを確認し、3条件をすべて満たすレーンがない場合に、空きレーンがあれば最前列への入庫指示を行うものとする。空きレーンがない場合は Col-P には駐車不可とする。

Col-P に駐車不可になった長時間駐車車両、および短時間休憩車両については、別途設けるノーマルパーキングに向かい、ノーマルパーキングが空いていたら入庫する。空いていない場合、当該 SA は利用しないものとした。

その後、各車両は出庫時刻になったら出庫を行う。

評価指標としては、駐車台数と、全駐車車両の駐車時間の総和である台時間を用いて評価を行う。

3 Col-P の効果分析と駐車容量拡大の検討

(1) ケーススタディの設定

2章で開発したシミュレーションを用いて Col-P の効果を分析する。ケーススタディは、わが国において特に需要の高い海老名 SA (上り) を対象とし SA の既存の駐車マスの一部を Col-P にした場合を考える。条件設定を表-1 に示す。また、Col-P は後方車列の空きスペースを考慮するため、車両長を中型車 9m、大型車 12m、特大車 18m・各レーン長は 40m として駐車可否を判断した。また、ETC/FF データについては満車のため駐車を回避した車両もデータ内に入っている (非常に短時間の駐車として見える)。そこで、正しい潜在入庫需要を考慮するため、入退場時刻差が 5 分以内の車両は、それ以外の車両の駐車時間割合で案分して、各駐車時間の車両数に足すことで補正を行ったものを使用する。

(2) Col-P 導入割合による効果分析

はじめにコンパクトパーキングの導入割合について効果分析を行う。ここでは、Col-P の導入割合を 10~90%まで変化させシミュレーションを行い、海老名 SA (上り) における最適な CP 導入割合を分析する。Col-P 導入割合別の駐車台数および台時間を図-2 に示す。

結果として、駐車台時間は導入割合が 60% のときに最大値を取るが、台数については導入割合が増加するごとに単調減少を取っている。長時間車両を優遇しすぎるとトータルの駐車台数が減少し、退場車両を増やしてしまうという結果となった。全体の駐車効率を見ると台時間が高いほうが良いが、駐車を回避する車両が多くなると、枠外に駐車する確率が増え好ましくない。よって、本研究の以降の分析では、台時間に大きな差はなく、かつ総駐車台数が多いコラムレーン割合 40% で分析を行う。

表-1 ケーススタディの条件設定

使用データ	ETC/FF データ
実行日	2019/12/11 15:00~2019/12/12 07:00 (16時間)
対象 SA	海老名 SA (上り)
対象データ数	1523 台
総駐車レーン	74 レーン

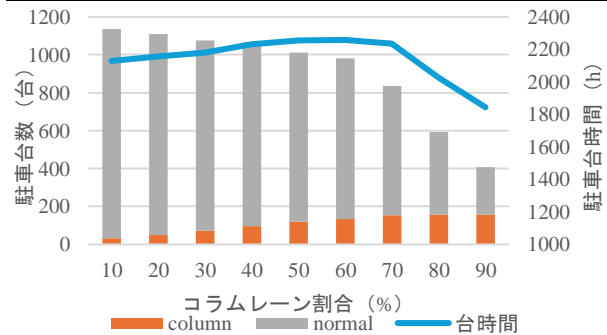
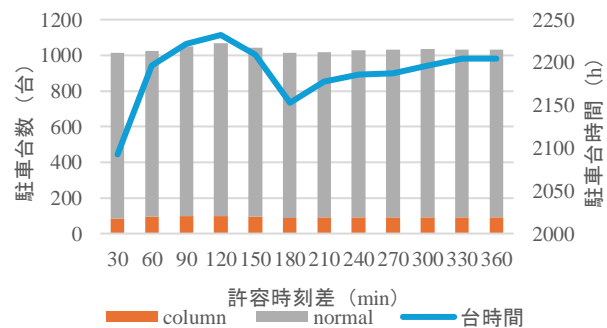


図-2 Col-P 導入割合別駐車台数・台時間



許容時刻差：
各レーン最前列車両の出発希望時刻と自身の出発希望時刻の差

図-3 許容時刻差別駐車台数・台時間

(3) 許容時刻差の変化の影響分析

許容時刻差は「各レーン最前列車両の出発希望時刻と自身の出発希望時刻の差」である。この差は小さいほど最前列車両が出庫してから短い時間でレーンが空き、次の車列の入庫が早期にできるため、Col-P 全体の利用率が向上し、SA 全体の駐車効率が上がると考えられる。一方で、差が小さすぎると、条件が厳しすぎて車列の後方に入庫できる車両が減少し、玉無し状態で利用率 (駐車効率) を下げってしまう可能性がある。ここでは、許容時刻差と Col-P 入庫条件 (駐車予定時間) の両者を変化させたときの最適な条件について分析を行う。許容時刻差を変化させた際の駐車台数および台時間の変化を図-3 に示す。結果として、駐車台数・台時間ともに、許容時刻差が 120 分のとき最大であり、30 分・180 分のときに特に台時間が大きく低下することが分かる。最小値の 30 分および 180 分について考えていくと、まず許容時刻差 30 分は「入庫条件が厳しすぎて車列の後方に入庫できる車両が減少し駐車効率を下げってしまう可能性」が原因と考えられる。次に許容時刻差 180 分の場合について考える。許容時刻差 180 分の場合の退場車両の入出庫の

分布を図-4に示す。これを見ると、2:00 ごろに来る後半の駐車需要に対応できていないことが確認できる。このことから、許容時刻差が 180 分（3 時間）の場合、レーン内の出庫時刻が間延びするため空きレーンができず新規入庫ができないことが起きていると考えられる。許容時刻差を 180 分より大きくすると駐車台時間に上昇がみられるのは、コラムレーンの後方にスペースがある場合、許容時刻差が緩くなる分、そこに自由に駐車できるため、駐車台数・台時間が増加していると考えられる。

(3) 遵守率の変化の影響分析

これまでのシミュレーションは貨物車両がすべて Col-P の仕組みを理解してルールに従って駐車を行う前提で行ってきた。しかし、実際には想定とは異なる駐車行動（不遵守行動）を行う貨物車両が発生する可能性もある。このような車両により Col-P の効率低下が懸念されるため、遵守率の変化の影響分析を行う。遵守率は 2 種類存在し、入庫の際に指定した場所とは異なる場所に入庫する「入庫不遵守」と、出庫の際に希望した時刻とは異なる「出庫不遵守」が存在する。今回は「出庫不遵守」のみ考える。Col-P は前方からのみの出庫であるため、前の車両が寝坊などの理由で希望時刻に出発しないような状況が発生すると、後続車両も希望時刻に出発できない「遅発」のリスクが考えられる。このような場合、取り締まりを強化することにより防ぐことができるが、そうすると、遅発を防ぐために出発希望時刻にバッファを設けて出発予定時刻入力を行う可能性も考えられる（入力時刻より早い場合にはペナルティがない場合）。その場合、希望時刻よりも早く出庫する「早発」となる。このように定刻より大幅に出発時刻が変化する状況を「出庫不遵守」と呼ぶ。

これより占有率の低下が発生する可能性がある。本章では出庫不遵守の特に早発について扱っていく。シミュレーションでは、既述の条件値は変えず、新たに出庫遵守率（早発割合）を与える。出庫遵守率は定刻通りに出庫する車両の割合であり、出庫遵守率が下がるほど不遵守車両が発生し早発車両が増加する。出庫遵守率を 30%~90%で変化させ、シミュレーションを行った。出庫遵守率が高いほどルールを守る車両が多い状況である。

結果を図-5に示す。遵守率を変化させても、台数・台時間ともに大きな変化は見られない。結果は割愛するが、入庫不遵守の場合にも同様の傾向がみられたことから、今回の需要特性の下では、Col-P は不遵守行動に対しては大きな影響が出ないことが確認できた。しかし、不遵守車両が増加すると駐車効率は少なからず低下していくため、不遵守車両が少なくなる施策を講じる必要がある。

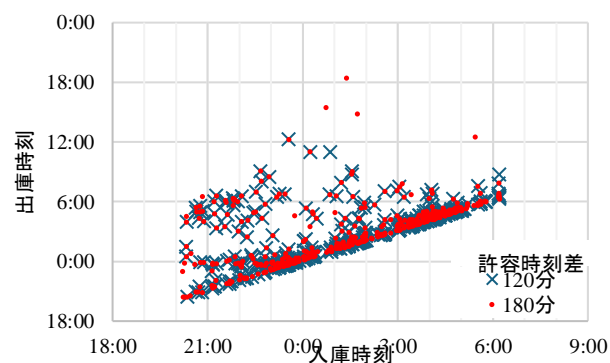


図-4 許容時刻差別 Col-P回避車両の入出庫分布

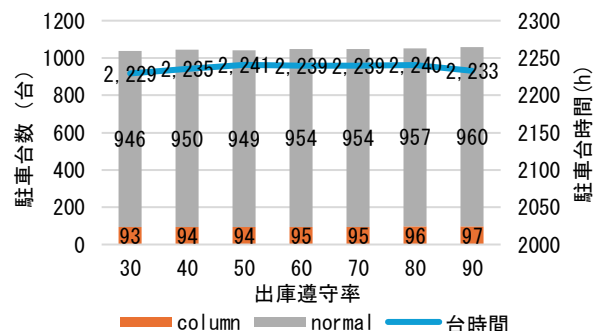


図-5 出庫遵守率による駐車台数・駐車台時間の変化

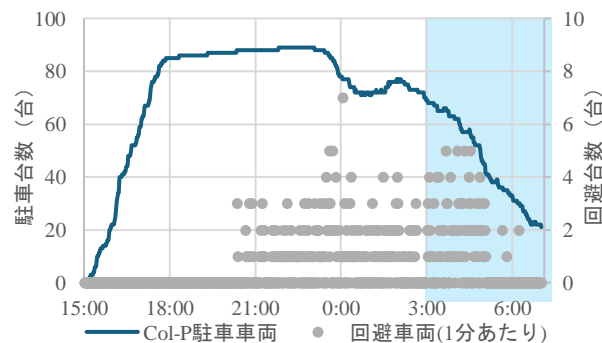


図-6 Col-P 駐車台数および駐車回避車両の時間推移

表-2 入庫条件の制御

入庫時刻	15:00~3:00	3:00~4:00	4:00~5:00	5:00~
Col-P 入庫条件	休憩時間 6時間以上	休憩時間 4時間以上	休憩時間 2時間以上	休憩時間 0.5時間以上

4. 入庫パラメータの動的制御

(1) 比較ケースの設定

前章で把握した Col-P の特性を参考に、さらなる駐車容量拡大の可能性を検討する。今回は 2 通りのケースについて検討を行った。

まず Case1 としては、Col-P 入庫条件の休憩時間を、より動的に変化させるケースである。図-6 に許容時刻差 120 分 Col-P 入庫可能休憩時間 6 時間以上で固定した場合の Col-P の時刻別駐車台数の推移および駐車回避車両の発生台数を示す。これより 3:00 以降は Col-P が空いているにもかかわらず、駐車回避する車両が発生しているこ

とが確認できる。この回避車両は、Col-P への入庫条件を満たさない、かつ NP が満車で入れない車両である。よって時間帯に応じて休憩時間の割合が変化する駐車需要に合わせて表-2 に動的に変化させる方策を考えた。

次に、Case2 である。今回の入力データの入出庫分布を図-7 に示す。縦軸横軸の入出庫時刻に加えて休憩時間の軸も加えている。これにより、駐車需要として退場時間帯が 0:00 付近および 3:00-7:00 に比較的集中している。これは背景で述べた時間調整の車両であると考えられるが、これらの車両は出庫時刻が近く出発時刻管理を行う Col-P に駐車させると駐車効率向上の可能性があると考える。そこで Case2 としては、入庫条件休憩 6 時間以上に加えて出庫需要が多い時間帯に出庫する車両を Col-P に入庫させる方策を考える。BaseCase は Col-P 入庫条件 6h 以上、許容時刻差 120 分以内、レーン割合 40%とする。

各 Case の Col-P における駐車台数・台時間を図-8 に示す。結果として、Case2 が駐車台数および台時間ともに最も効率的である結果となった。

各 Case の Col-P 駐車台数の時間推移を図-9 に示す。Case1 は、入庫条件を一定にすると朝方に空きレーンが多くなり、昼間にはほとんどが空きレーンになってしまうことから出庫需要を意識した入庫条件を動的に変化させることで、Col-P のレーンを有効活用できる可能性が示された。Case2 は、4:00-7:00 に出庫する車両は恒常的に入庫してくるため、Case2 よりも早い段階から短時間車両が Col-P に入庫することとなり、台時間に影響すると思われる。その車両がノーマルパーキングを占有しない分、全体の駐車台数としても上昇したと考えられる。0:00 付近で Col-P の駐車台数が 10 台程度下がるのは、前方駐車車両が出庫するにもかかわらず広報駐車車両の出庫が遅く、次の需要のためのレーンとして使用できる時刻が遅れることが原因である。今後さらに効率を向上させるためには、この点を解決することが課題である。例えば、出庫のタイミングがなるべく一致するように検討するなどがある。

5. 結論

本研究では、高速道路 SA/PA の駐車容量が逼迫する我が国において、貨物車両の出発時刻管理による複数縦列駐車方式を用いた駐車容量拡大の検討を行った。Col-P について最前列車両の出発希望時刻と自身の出発希望時刻の差である「許容時刻差」という条件を用いて判断するシミュレーションを構築した。開発したシミュレーションを用いて、海老名 SA (上り) をケーススタディとした Col-P 導入の効果を分析した。これらの結果を利用し、Col-P 駐車における入庫条件の各パラメータを時間的に動的に制御することで駐車効率を上げる方法を検討

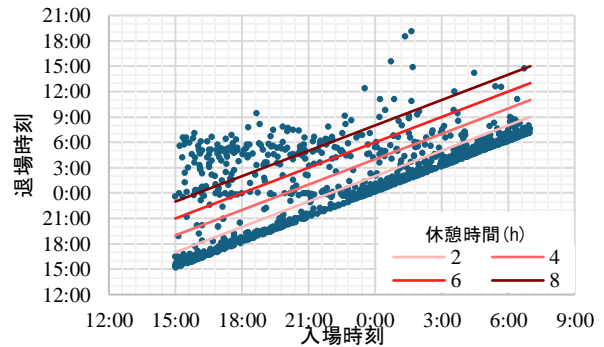


図-7 入力データの入出庫分布

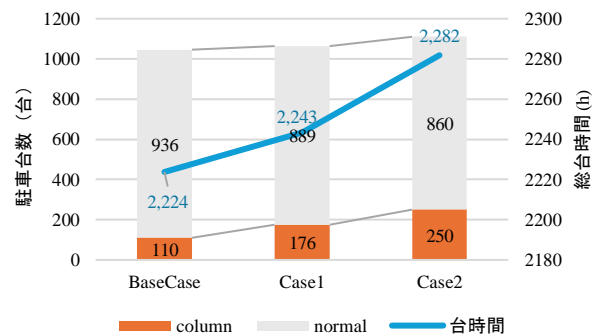


図-8 各 Case の駐車台数・台時間

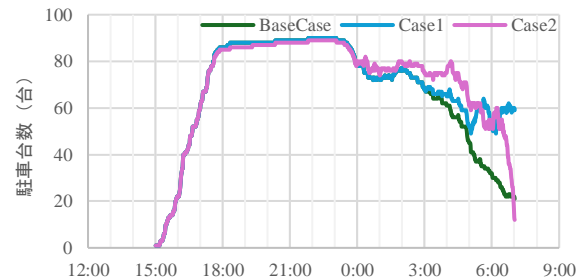


図-9 Col-P の駐車台数推移

することができた。

今回の入庫条件や Col-P 導入割合は複雑に関係しあっていると考えられ、本来であれば全通りの検証が必要である。また、実際のレイアウトを考慮しておらず、現実のレーン配置をした結果での比較ができていない点や、退場車両を考慮した複数 SA/PA における広域的な駐車容量拡大を検討する必要がある。

また、Col-P は混雑に対して全体としては最適となるものであるが、各ドライバーにとっては煩雑な対応が必要であり、駐車行動に対する自由度が低いいため、現状の方法では Col-P に駐車するインセンティブはない。そこで、実現に向けては、コラム式パーキングへの駐車に対するインセンティブを与える施策を検討する必要がある。例えば、確実に入庫できる「予約システム」の導入や、利用によりマイレージポイントがたまるシステムや有料化といった駐車料金施策との連携といったものが必要である。

謝辞：

本研究を進めるにあたり、中日本高速道路株式会社山本隆氏、敬愛大学根本敏則教授、東京海洋大学兵藤哲朗教授からコラム式駐車に関して貴重なご意見を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

NOTES

- 注1) 国土交通省：高速道路を活用した物流の現状,
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/nls/pdf01/04.pdf>
- 注2) 国土交通省：高速道路における大型車の利用状況,
<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/nls/pdf02/03.pdf>
- 注3) (株)ネクスコ東日本エンジニアリング：ドイツアウトバーンの休憩施設におけるトラック駐車場の混雑対策, 高速道路と自動車,第 62 巻,第 8 号 2019 年 8 月
- 注4) 国土交通省 高速道路 S A ・ P A における利便性向上に関する整備方針,
https://www.jehdra.go.jp/pdf/torikumipdf/ribenseikoujyou_r0512.pdf

REFERENCES

- 1) Jessica K. et. al., Telematisch gesteuertes Kompaktparken-Grundlagen und Entwicklung, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 286(April 2017).
- 2) W. Maibach et al., Wirtschaftlichkeits- bewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitäts-erhöhung an BAB, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 294(November 2017)
- 3) G. Kappich et al., Wirtschaftlichkeits- bewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitäts-erhöhung an BAB, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 294(November 2017)
- 4) 有賀なつほ, 高速道路 SA/PA の駐車場利用特性の分析, 交通工学研究会論文 4
- 5) 横尾和彦, 休憩施設における大型車の駐車マス増設手法の比較検証, 第 43 回交通工学発表会論文集, 2023
- 6) 兵藤哲郎, ドローン撮影による SA/PA の利用実態の把握, 2022 新道路技術_年度末報告書
- 7) 深谷泰己, 貨物車両の長時間駐車を考慮した出発時刻管理による駐車容量拡大手法に関する研究, 土木学会論文集, Vol.80, No.2, 2024

Study on Parking Capacity Expansion for Freight Vehicles by Column Parking System at Expressway Rest Facilities

Daiki WATANABE, Terumitsu HIRATA

Column Parking System (Col-P) is one way to solve the problem of a lack of parking spaces for large freight vehicles on highways SA/PA. This method allows parking capacity to be expanded without physical expansion by managing departure times. And it is being tested in Europe. In this study, the possibility of introducing Col-P was investigated by simulation to consider Col-P in Japan. A simulation has been developed that uses a new index called "allowable time difference."

Using the developed simulation, an analysis was conducted using Ebina SA (upbound) as a case study. The analysis items are Col-P introduction rate, allowable time difference, and exit compliance rate.

Using the results, the possibility of further expanding parking capacity was discovered. It is a method to improve parking efficiency by spatiotemporally controlling each parameter of entry conditions for column parking.