

在庫理論による駐車場規模の算定に関する研究

北海道大学大学院 学生員 大島俊之
北海道大学工学部 正員 高橋清
北海道大学工学部 正員 佐藤馨一

1.はじめに

近年、都心部における交通問題が深刻化し、社会問題として総合的な取り組みが開始されている。特に駐車場問題に関しては、都心部及び大型ショッピングセンター等において、大規模駐車場の立地が増加する傾向にある。

現在札幌市においても、駐車場案内システムの導入など駐車場整備計画が実施されている。しかし、新たな駐車場建設を考えた場合、容積率の制限値近くまで、土地利用の高度化が進んでおり、さらに、地価も高騰なことから地上での駐車場整備には限界が出てきている。このような事情から、札幌市でも地下駐車場整備への要望が高く、北1条通（一般国道5号）や、札幌駅北口等において地下駐車場整備計画が提案されている。

そこで本研究では、札幌市都心部における地下駐車場整備計画を対象とする。そこで、高価な建設費用と整備効果の関係を探ることが重要であるという観点から、その駐車場規模を決定する手法として「在庫理論」を用いて、駐車場規模を求める目的としている。

2.札幌市における駐車場整備計画

2-1 札幌市駐車場整備計画の概要

札幌市都心部においては、都市機能の集積により駐車需要が増大した。特に、駐車場供給不足や駐車場利用の地区別偏りのため、駐車待ち行列やうろつき交通等による道路交通障害が発生し深刻な問題となっている。

このことから同市では、「札幌市駐車場整備計画」等を策定し、将来駐車供給台数を建物延床面積から算定し、将来の駐車場需給状況から、駐車場の整備

方針を示している。

2-2 札幌市における駐車場整備状況

現在、整備の方向として「民間駐車場の供給促進」、「既存駐車場の有効利用」、「公共駐車場の必要性の高い地区への対応」が検討されている。特に、パーキングドライブ駐車の促進による都心部の駐車抑制、駐車場整備地区の拡大等が実施されている。さらに今後、具体的には、

- ①公共駐車場の整備
- ②附置義務条例の改正
- ③駐車場案内システムの導入

の3点が大きな課題となっている。

3.駐車場問題の構造

駐車場周辺における渋滞の発生要因としては、「駐車場容量不足」が最も多く、ついで「駐車場待ちスペースの不足」、「進入時の右折レーンの未整備」等があげられる。

これらの要因の関係を整理すると図-1のようになる。

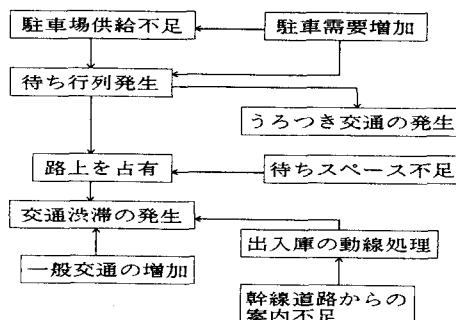


図-1 駐車場問題の構造

4. 在庫理論による駐車場規模の解析

4-1 在庫理論の概要

(1) 在庫理論の定義^{3) 4)}

在庫理論とは「変動する需要に対して、どの程度の在庫数ならば、またどんなタイミングでどのくらいの量を発注すれば、在庫切れを起こさず、かつ過剰在庫にならないかを、費用を最小にするという観点から決定しよう」とする手法である。

これを、駐車場規模算定にあてはめた場合、「駐車需要に対して、どの程度の規模ならば、空車状態になりすぎず、かつ満車状態が頻繁に起らなければ、費用の面から決定しよう」とすることになる。

(2) 在庫管理モデルの構築^{3) 4)}

発注量を x 、需要量を y とし、また x が 1 単位売れたときの利益を a 、逆に 1 単位売れ残ったときの損失を b とする。このときの経済発注量 x_{opt} を求めることにする。

$y \leq x$ (需要が少ない) ならば、 $(x - y)$ 単位は売れ残ってしまうので、利益 $e(x, y)$ は、

$$e(x, y) = a y - b (x - y) \quad (1)$$

となる。

また、需要が発注よりも多い場合は、発注した x 単位はすべて売れてしまうので、 $y \geq x$ (発注が少ない) の時には、

$$e(x, y) = a y \quad (2)$$

である。以上のことから、発注量が x で、需要が y の時の利益 $e(x, y)$ は、

$$e(x, y) = \begin{cases} a y - b (x - y) & (x \geq y) \\ a y & (x \leq y) \end{cases} \quad (3)$$

で与えられる。

ここで、需要は一定ではなく、需要分布は

$$\{p(y)\}_{y=0}^{\infty}$$

に従っているとすると、発注量が x の時の期待利益 $E(x)$ は、

$$E(x) = \sum_{y=0}^{\infty} e(x, y) p(y) \quad (4)$$

となる。

そこで、

$$\begin{aligned} E(x) &= \sum_{y=0}^{x-1} \{a y - b (x - y)\} p(y) \\ &\quad + \sum_{y=x}^{\infty} a x p(y) \\ &= \sum_{y=0}^x \{a y - b (x - y)\} p(y) \\ &\quad + \sum_{y=x+1}^{\infty} a x p(y) \end{aligned} \quad (5)$$

次に、 $E(x)$ を最大にする経済発注量 x_{opt} を考えると、差分 $E(x+1) - E(x)$ が正から負に変わるとが $E(x)$ を最大にする点である。(差分は、発注量を 1 単位増やした時に、期待利益がどのくらい変化するかという量である)

従って、 $E(x)$ を a, b と需要分布 $p(y)$ を用いて計算すると、(5)式より、

$$E(x) - E(x-1) = \sum_{y=0}^{x-1} -b p(y) + \sum_{y=x}^{\infty} a p(y) \quad (6)$$

となり、

$$\sum_{y=x}^{\infty} p(y) = 1 - \sum_{y=0}^{x-1} p(y)$$

である。ゆえに、

$$\begin{aligned} E(x) - E(x-1) &= -b \sum_{y=0}^{x-1} p(y) + a \left(1 - \sum_{y=0}^{x-1} p(y)\right) \\ &= -(a+b) \sum_{y=0}^{x-1} p(y) + a \end{aligned} \quad (7)$$

であるから、 $E(x) - E(x-1) \geq 0$ は、

$$\sum_{y=0}^{x-1} p(y) \leq \frac{a}{a+b} \quad (8)$$

と同値である。また、式(6)において、 x の代わりに $x+1$ を代入すれば、

$$E(x+1) - E(x) \leq 0$$

$$\sum_{y=0}^x p(y) \geq \frac{a}{a+b} \quad (9)$$

となる。

以上のことから、経済発注量 x_{opt} は、

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{y=0}^{x-1} p(y) \leq \frac{a}{a+b} \\ \sum_{y=0}^x p(y) \geq \frac{a}{a+b} \end{array} \right. \quad (10)$$

の解である。

4-2 在庫理論と駐車場規模の関係

在庫理論を駐車場にあてはめた場合、事業者は駐車スペースを需要者である駐車利用者に提供することになる。

すなわち、表-1のように需要は駐車需要であり、発注は駐車場規模となり、在庫は空きスペースと考えることができる。

表-1 在庫理論と駐車場規模の関係

| | 在庫理論 | 駐車場規模 |
|---|------|-----------|
| X | 発注 | 駐車規模(台・分) |
| Y | 需要 | 駐車需要(台・分) |
| - | 在庫 | 空きスペース |

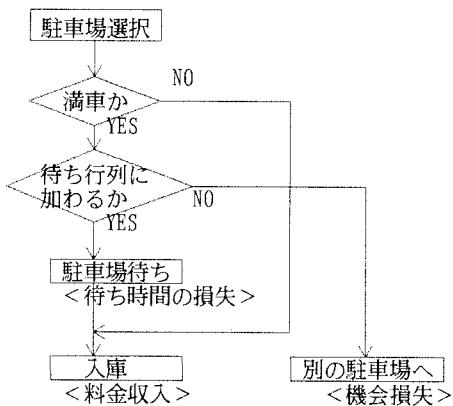


図-2 駐車行動と費用の関係

4-3 駐車場規模に関する費用の算出

(1) 駐車しないことによる損失費用

損失費用は、駐車場が利用されずに空きスペースができることによって生じるものである。駐車場の施設運用費用から算出する。

表-2 施設運用費用内訳

| | 自走式 | 機械式 |
|------|--------|---------|
| 人件費 | 40,000 | 60,000 |
| 換気設備 | 9,000 | 3,000 |
| 機械運用 | 0 | 14,000 |
| 照明設備 | 2,000 | 4,000 |
| 保守管理 | 16,000 | 19,000 |
| 合計 | 67,000 | 100,000 |

(単位：千円)

駐車場形式としては、自走式および機械式の2つのケースについて算出する。なお、機械式としては高速台車方式を採用するものとする。

1年間の運用費用は、表-2の通りであり、人件費としては自走式で常時4名、機械式では常時6名とした。

ここで、営業日数を365日、1日の営業時間を12時間とすると、1時間当たりそれぞれ15,300円／時、22,800円／時となる。

よって、1台・分の駐車スペースが使用されなかつた場合の損失 b_1 は、駐車場規模を150台として計算すると、

$$b_1 = \frac{15300}{150 \times 60} = 1.7 \text{ (円/台・分)} \quad (11)$$

$$b_2 = \frac{22800}{150 \times 60} = 3.1 \text{ (円/台・分)} \quad (12)$$

となる。

(2) 利益の算出

まず、駐車場が利用されることによって得られる利益は、1台の自動車が1時間駐車したときの駐車料金を350円とする。

1台・分の駐車スペースを利用した時の利益 a (円/台・分)は、収入から損失を引いたものであるから、次のようになる。

$$a_1 = \frac{350}{60} - 1.7 = 4.1 \text{ (円/台・分)} \quad (13)$$

$$a_2 = \frac{350}{60} - 3.1 = 2.7 \text{ (円/台・分)} \quad (14)$$

5. 駐車場規模の算定

5-1 駐車場の需要分布¹⁾

都心部地下駐車場における駐車需要分布推定結果をもとに、在庫管理モデルによる駐車場規模の算定を行うことにする。

将来における駐車需給バランスは、夏季平日で西4丁目から8丁目間のゾーンで平成12年で約150台程度、平成22年には約300台程度の駐車不足になるものと予測されている。

そこで、都心部地下駐車場における、時刻毎に表した駐車需要は図-3の通りである。

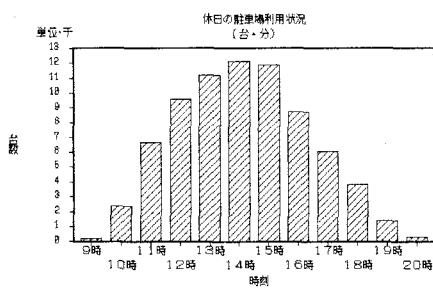


図-3 地下駐車場の駐車需要分布

5-2 駐車場規模の算定

在庫管理モデルの式(10)より、

$$\frac{a_1}{a_1+b_1} = \frac{4.1}{4.1+1.7} = 0.707 \quad (15)$$

$$\frac{a_2}{a_2+b_2} = \frac{2.7}{2.7+3.1} = 0.466 \quad (16)$$

となる。

一方、累積分布関数を $F(x) = \sum_{y=0}^x p(y)$ とおけば、需要分布(図-3)より累積分布関数 $F(x)$ が計算できる(図-4)。

$$F(1000) = 0.167 \quad F(8000) = 0.583$$

$$F(2000) = 0.250 \quad F(9000) = 0.667$$

$$F(3000) = 0.333 \quad F(10000) = 0.750$$

$$F(4000) = 0.416 \quad F(11000) = 0.750$$

$$F(5000) = 0.416 \quad F(12000) = 0.917$$

$$F(6000) = 0.416 \quad F(13000) = 1.000$$

$$F(7000) = 0.583$$

従って、CASE 1 の場合には、

$$F(9000) = \sum_{y=0}^{10-1} p(y) = 0.666 < \frac{a_1}{a_1+b_1} = 0.707 \\ < 0.750 = \sum_{y=0}^{11-1} p(y) = F(11000) \quad (17)$$

となり、CASE 2 の時には、

$$F(6000) = \sum_{y=0}^{7-1} p(y) = 0.416 < \frac{a_2}{a_2+b_2} = 0.466 \\ < 0.583 = \sum_{y=0}^{7-1} p(y) = F(7000) \quad (18)$$

である。従って、経済的な駐車場規模(経済発注量 x_{opt})は、

CASE 1 : 11,000(台・分)

CASE 2 : 7,000(台・分)

となる。

よって、台ベースでの駐車場規模は、

CASE 1 : 183(台)

CASE 2 : 117(台)

となる。

6. おわりに

札幌市における地下駐車場建設を考えた場合、道路上に建設するため、いろいろな制約条件から、適切な規模の算定が必要である。

本研究では、駐車場建設の際に特に問題となる駐車場規模を、設備運用費用と利益との関係から「在庫理論」を適用することにより算定した。

今後は、満車状態において駐車できない状態を、「機会損失」として評価することにより、より現実的な駐車場規模の算定を行う必要がある。

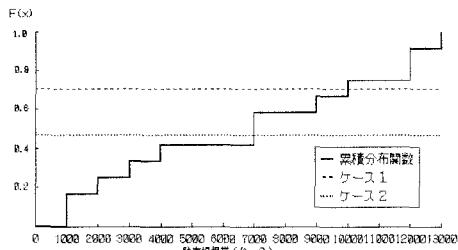


図-4 累積分布関数

<参考文献>

- 1) 札幌市都心交通対策協議会、札幌市の都心交通対策について、1991年3月
- 2) 門田高明、千葉博正、五十嵐日出夫、駐車需給の動的予測手法に関する研究、第43回年次学術講演会講演概要集、1988年10月
- 3) 柳沢 滋、在庫管理のはなし、日科技連出版社、1988年
- 4) 国沢清典、オペレーションズリサーチ入門、廣川書店、1962年