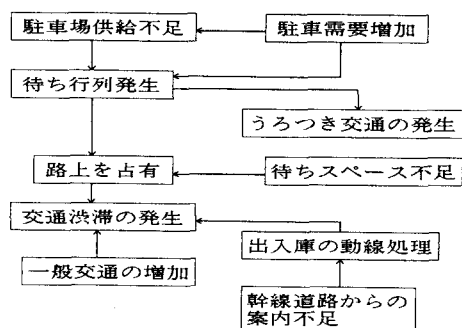


北海道大学大学院 学生員 大島俊之
北海道大学工学部 正 員 高橋 清
北海道大学工学部 正 員 佐藤馨一



— 847 —

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こらないかを、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、

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

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、

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

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、

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

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、

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

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点が $E(x)$ 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、

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

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、

$$\begin{aligned} E(x+1) - E(x) &\leq 0 \text{ は、} \\ \sum_{y=0}^x p(y) &\geq \frac{a}{a+b} \end{aligned} \quad (9)$$

となる。

以上のことから、経済発注量 x_{opt} は、

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

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

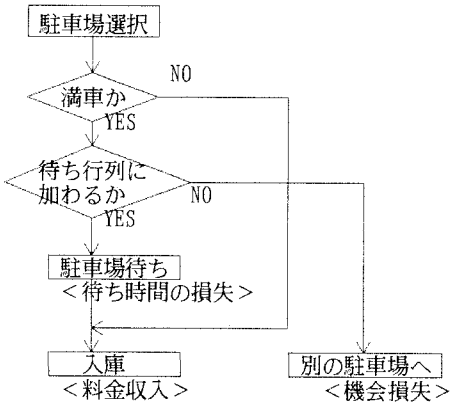


図-2 駐車行動と費用の関係

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ので、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った場合の損失bは、駐車場規模を150台として計算すると、

$$b1 = \frac{15300}{150 \times 60} = 1.7 \text{ (円/台・分)}$$
 (11)

$$b2 = \frac{22800}{150 \times 60} = 3.1 \text{ (円/台・分)}$$
 (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。

$$a1 = \frac{350}{60} - 1.7 = 4.1 \text{ (円/台・分)}$$
 (13)

$$a2 = \frac{350}{60} - 3.1 = 2.7 \text{ (円/台・分)}$$
 (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。

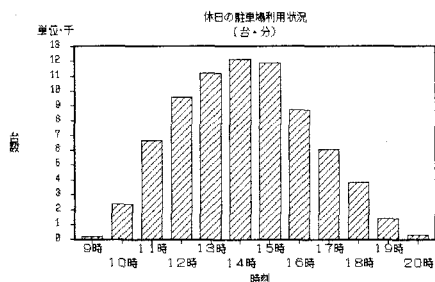


図-3 地下駐車場の駐車需要分布

5-2 駐車場規模の算定

在庫管理モデルの式(10)より、

$$\frac{a1}{a1+b1} = \frac{4.1}{4.1+1.7} = 0.707 \quad (15)$$

$$\frac{a2}{a2+b2} = \frac{2.7}{2.7+3.1} = 0.466 \quad (16)$$

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)。

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

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

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

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

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

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

$$F(7000) = 0.583$$

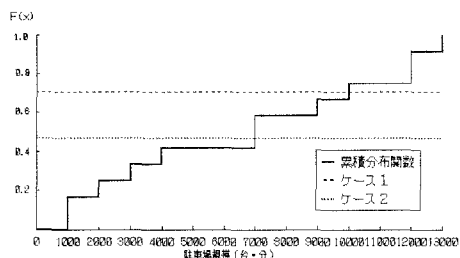


図-4 累積分布関数

従って、CASE 1 の場合には、

$$F(9000) = \sum_{y=0}^{9000} p(y) = 0.666 < \frac{a1}{a1+b1} = 0.707$$

$$< 0.750 = \sum_{y=0}^{11000} p(y) = F(11000) \quad (17)$$

となり、CASE 2 の時には、

$$F(6000) = \sum_{y=0}^{6000} p(y) = 0.416 < \frac{a2}{a2+b2} = 0.466$$

$$< 0.583 = \sum_{y=0}^{7000} p(y) = F(7000) \quad (18)$$

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、道路下に建設するため、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。

<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