数理解析研究所講究録
第 1802 巻 2012 年 106-112

参照価格を考慮した非対称情報をもつ競合的在庫管理

大阪府立大学大学院 理学系研究科 情報数理科学専攻　伊東　崇文 (Takafumi Ito)
北條　仁志 (Hitoshi Hohjo)
Dept. of Mathematics and Infomation Sciences, Graduate School of Science
Osaka Prefecture University

1　はじめに

従来型の競合的在庫管理においては小売業者間だけの問題とされていたが、本来は小売業者の戦略も顧客の戦略に依存するものであり、顧客の戦略も小売業者の戦略に伴って変化するものである。北條 [1] は競合する小売業者 2 人と店舗出発前あるいは店舗到着後に購買意欲を失う顧客 n 人に対して、両者を意思決定者としたモデルについて考察したものである。本研究では北條 [1] を発展させ、価格について非対称情報という状況を仮定し、さらに各顧客について参照価格 [2] を考慮することでより現実に即したモデルの構築を提案する。参照価格とは、商品に対して顧客が構成するこれぐらいが妥当であろうという価格であり、購入の履歴から形成される。実際の価格が参照価格よりも安ければ購買意欲は高揚し、高ければ低減する。ゆえに、価格が判明している状況であればこの参照価格が顧客の戦略に影響を及ぼすということになる。本稿では 2 店舗での競合状態を考える。価格の情報は非対称であり、一方の価格は広告等で顧客に周知されているとするが他方の価格についてはある分布に従うと仮定する。さらに顧客は参照価格による購入を許容する上限の価格をもつとする。以上のもとで、小売業者は自身の収益を最大とする発注量を、顧客は効用を最大とする戦略を決定する。

2　モデル

店舗 (Retailer $j, j=1,2$) が 2 店舗で競合している 1 期間在庫管理問題を考える。購買意欲の強い顧客 (Customer $i, i=1,2,...,n$) が n 人存在し、同一商品を一単位ずつ購入する。

Retailer j は単位当たり原価 c_j で z_j 個の商品を仕入れ、販売価格 p_j で販売を行う。Retailer 1 の価格 p_1 は広告等で周知されているとし、Retailer 2 の価格 p_2 は顧客には未知であるが、日常的に使用している店舗であることから、ある分布 $F(p_2)$ に従っていることを各々が経験的に知っているとする。期末に余った在庫については単位当たり h_j の保管費用がかかり、満たされなかった需要については単位当たり q_j のペナルティ・コストがかかる。このとき、収益

$$U_j^r = p_j \min\{D_j, z_j\} - c_j z_j - h_j \max\{0, z_j - D_j\} - q_j \max\{0, D_j - z_j\}$$

を最大とする z_j を求めることが店舗側の目的となる。ここで、D_j は Retailer j の需要である。

Customer i は購買のため店舗へと出発する前に、Retailer 1 へ行くのか、Retailer 2 へ行くのか、そして商品の品切れの際にはもう一方の店舗へ行くのか否かの選択を行う。本稿では店舗の選択において以下の要因を取り入れる。

各顧客は個別に参照価格 r_i を形成しているとし、この参照価格と表示価格との差によって生じる効用を $\gamma(r_i, p_j)$ とする。Briesch et al.[2] に従い、

$$\gamma(r_i, p_j) = \beta_1 G(r_i - p_j) + \beta_2 L(p_j - r_i)$$

とする。ここで、β_1, β_2 はマーケティング変数のパラメータであり、G、L は $r_i > p_j$ のとき $G = 1, L = 0$、$r_i < p_j$ のとき $G = 0, L = 1$ となる値をとる。

まず、Customer i が最初に Retailer 1 への移動を選択した場合を考える。店舗出発前、既知の価格 p_1 と Customer i の購買の許容範囲との照らし合わせを行い、不適合であったときこの選択は行われず Retailer 2 への移動を選択する。Retailer 1 までの距離 λ_{i1} を移動し、店舗到着後、在庫の有無を確認し、存在すれば商品の購入を行い、それによる効用を得る。そして再び、距離 λ_{i1} を戻る。このとき、顧客は購買意欲が強く、たとえ $p_1 > p_2$ であったとしても、在庫が存在すれば必ず購入する。在庫が存在しない場合、Customer i は Retailer 2 での購入を試みるか、購買を行わずに戻るかを最初の時点で選択しておく。ここで Customer i が Retailer 2 での購買を選択した場合、店舗間の距離 λ' を移動し、店舗へと至る。店舗到着後、在庫の有無を確認し、表示価格と自らの購買の許容範囲との照らし合わせを行う。在庫が存在し、かつ価格が許容範囲内であれば購入を行い、それによる効用を得る。そして、距離 λ_{i2} を戻る。在庫が存在しない、または価格が許容範囲外であった場合には、購入を諦めて戻る。

次に、Customer i が最初に Retailer 2 への移動を選択した場合を考える。Retailer 2 までの距離 λ_{i2} を移動し、店舗到着後、在庫の有無を確認し、表示価格と自らの購買の許容範囲との照らし合わせを行う。在庫が存在し、かつ価格が許容範囲内であれば購入を行い、それによる効用を得る。そして、距離 λ_{i2} を戻る。Customer i は、許容範囲内であれば $p_2 > p_1$ でも購入を行うような強い購買意欲をもつ。在庫が存在しない、または価格が許容範囲外であった場合には、Customer i は Retailer 1 での購入を試みるか、購買を行わずに戻るかを最初の時点で選択しておく。もちろん購買を選択するのは、価格 p_1 が許容範囲内である時のみである。Customer i が Retailer 1 での購買を選択した場合、店舗間の距離 λ' を移動し、店舗へと至る。店舗到着後、在庫の有無を確認し、存在すれば商品の購入を行い、それによる効用を得る。そして再び、距離 λ_{i1} を戻る。

Customer i が最終的に購入できなかった場合の効用を $u_i (u_i < 0)$ とする。また、Retailer 1 から Retailer 2、そして再び Retailer 1 など同一店舗に戻るような移動は、過度の移動費用がかかるため行わないと仮定する。
購入による効用を V_i、総移動距離 λ の移動に伴う効用を $d(\lambda)$ とすると、顧客の効用 U_i^c は

$$U_i^c = I_i(V_i + \gamma(r_i, p_j)) - d(\lambda) + (1 - I_i)u_i$$

となる。そこで、I_i は購入のインジケータとし、

$$I_i = \begin{cases} 1, & \text{購入できた} \\ 0, & \text{購入できなかった} \end{cases}$$

と定義する。前述の許容範囲とは、U_i^c=0 となる p_j を上限とする範囲とする。Retailer 2 の価格で $U_i^c = 0$ を満たすものを p_i' とおく。

顧客の戦略 y_i を、

$$y_i = (x_{i1}, x_{i2})$$

とし、x_{i1} を最初に向かう店舗の番号、x_{i2} を店舗移動後に在庫切れまたは許容範囲外であったと

きに向かう店舗の番号として、

$$x_{i1}, x_{i2} = \begin{cases} 0, & \text{購入しない} \\ 1, & \text{Retailer 1 で購入} \\ 2, & \text{Retailer 2 で購入} \end{cases}$$

と定義する。以上のような状況において顧客は、効用 U_i^c を最大化する戦略を求めることが目的となる。考えうる戦略は (1,2),(1,0)(2,1),(2,0) であり、これらの戦略を持つ顧客の集合をそれぞれ S_1,S_2,S_3,S_4 とする。そのなかでも Retailer 2 の価格 p_2 が許容範囲に適合している顧客の集合を S'_1,S'_2,S'_3,S'_4 と定義する。また、各集合に属す顧客の人数を集合に # をつけて表現する。

3 小売業者の目的関数の導出

小売業者の目的関数の導出において考慮すべき領域は以下のとおりである。ある店舗で購入できず他店舗に回ってきた顧客よりも、最初に来た顧客の方が優先されるとする。そして、顧客の数が在庫量を上回る場合には各戦略をとる人数に対して比率的に配分するとした。

Case 1. $(\#S_1 + \#S_2) + (\#S_3 - \#S'_3) \leqq z_1 \leqq n$

$(\#S'_3 + \#S'_4) \leqq z_2 \leqq n$

Case 2. $(\#S_1 + \#S_2) \leqq z_1 < (\#S_1 + \#S_2) + (\#S_3 - \#S'_3)$

$(\#S'_3 + \#S'_4) \leqq z_2 \leqq n$

Case 3. $0 \leqq z_1 < (\#S_1 + \#S_2)$

$(\#S'_3 + \#S'_4) + (\#S'_1 - \frac{\#S'_1}{\#S_1+\#S_2} z_1) \leqq z_2 \leqq n$

Case 4. $0 \leqq z_2 < (\#S'_3 + \#S'_4)$

$(\#S_1 + \#S_2) + \{(\#S_3 - \#S'_3) + (\#S'_3 - \frac{\#S'_3}{\#S'_3+\#S'_4} z_2)\} \leqq z_1 \leqq n$

Case 5. $0 \leqq z_1 < (\#S_1 + \#S_2)$

$(\#S'_3 + \#S'_4) \leqq z_2 < (\#S'_3 + \#S'_4) + (\#S'_1 - \frac{\#S'_1}{\#S_1+\#S_2} z_1)$

Case 6. $0 \leqq z_2 < (\#S'_3 + \#S'_4)$

$(\#S_1 + \#S_2) \leqq z_1 < (\#S_1 + \#S_2) + \{(\#S_3 - \#S'_3) + (\#S'_3 - \frac{\#S'_3}{\#S'_3+\#S'_4} z_2)\}$

Case 7. $0 \leqq z_1 < (\#S_1 + \#S_2)$

$0 \leqq z_2 < (\#S'_3 + \#S'_4)$

ここでは Case 6. のみ説明する。この場合では、初めに Retailer 2 に向かう S_3, S_4 の顧客のうち、それぞれ $\frac{\#S'_3}{\#S'_3+\#S'_4} z_2$, $\frac{\#S'_4}{\#S'_3+\#S'_4} z_2$ 人だけが需要を満たされる。S_3 の中で Retailer 2 の価格を許容できない顧客 $\#S_3 - \#S'_3$ 人と購入できなかった $\#S'_3 - \frac{\#S'_3}{\#S'_3+\#S'_4} z_2$ 人については Retailer 1 へ再配分される。S_4 の中で Retailer 2 の価格を許容できない顧客 $\#S_4 - \#S'_4$ 人と購入できなかった $\#S'_4 - \frac{\#S'_4}{\#S'_3+\#S'_4} z_2$ 人については購入をあきらめて戻る。Retailer 1 については、最初に向かう顧客 $\#S_1 + \#S_2$ 人は全員満たされる。再配分された $(\#S_3 - \#S'_3) + (\#S'_3 - \frac{\#S'_3}{\#S'_3+\#S'_4} z_2)$ 人については $z_1 - (\#S_1 + \#S_2)$ 人だけ満たされ、残りの $(\#S_3 - \#S'_3) + (\#S'_3 - \frac{\#S'_3}{\#S'_3+\#S'_4} z_2) - \{z_1 - (\#S_1 + \#S_2)\}$ 人は満たされることなく戻る。

顧客の到着順序については各状況が同様に確からしく発生するとして期待値により評価を行う。ゆえに Case 6 における Retailer 1、Reatiler 2 の期待総収益は、

$$U_2^r = p_2z_2 - c_2z_2 - q_2\{(\#S_3' + \#S_4') - z_2 + (\#S_3 + \#S_4) - (\#S_3' + \#S_4')\}$$

$$U_1^r = p_1z_1 - c_1z_1 - q_1\{(\#S_1 + \#S_2) + (\#S_3 - \#S_3') + (\#S_3' - \frac{\#S_3'}{\#S_3' + \#S_4'}z_2) - z_1\}$$

である。

各 Case における Retailer の期待収益は以下のとおりである。

Case 1.

$E[U_1^r] = (p_1 + h_1)\{(\#S_1 + \#S_2) + (\#S_3 - \#S_3')\} - (c_1 + h_1)z_1$

$E[U_2^r] = (p_2 + h_2 + q_2)(\#S_3' + \#S_4') - (c_2 + h_2)z_2 - q_2(\#S_3' + \#S_4')$

Case 2.

$E[U_1^r] = (p_1 - c_1 + q_1)z_1 - q_1\{(\#S_1 + \#S_2) + (\#S_3 - \#S_3')\}$

$E[U_2^r] = -(c_2 + h_2)z_2 + (p_2 + h_2 - q_2)(\#S_3' + \#S_4') - q_2(\#S_3 + \#S_4)$

Case 3.

$E[U_1^r] = (p_1 - c_1 + q_1)z_1 - q_1\{(\#S_1 + \#S_2) + (\#S_3 - \#S_3')\}$

$E[U_2^r] = -(c_2 + h_2)z_2 + (p_2 + h_2)\{(\#S_3' + \#S_4') + (\#S_1' - \frac{\#S_1'}{\#S_1+\#S_2}z_1)\} - q_2\{(\#S_3 + \#S_4) - (\#S_3' + \#S_4')\}$

Case 4.

$E[U_1^r] = -(c_1 + h_1)z_1 + (p_1 + h_1)\{(\#S_1 + \#S_2) + ((\#S_3 - \#S_3') + (\#S_3' - \frac{\#S_3'}{\#S_3'+\#S_4'}z_2))\}$

$E[U_2^r] = (p_2 - c_2 + q_2)z_2 - q_2(\#S_3 + \#S_4)$

Case 5.

$E[U_1^r] = (p_1 - c_1 + q_1)z_1 - q_1\{(\#S_1 + \#S_2) + (\S_3 - \S_3')\}$

$E[U_2^r] = (p_2 - c_2 - q_2)z_2 - \{(\#S_3 + \#S_4) + (\#S_1' - \frac{\#S_1'}{\#S_1+\#S_2}z_1)\}$

Case 6.

$E[U_1^r] = (p_1 - c_1 + q_1)z_1 - q_1\{(\#S_1 + \#S_2) + (\#S_3 - \#S_3') + (\#S_3' - \frac{\#S_3'}{\#S_3'+\#S_4'}z_2)\}$

$E[U_2^r] = (p_2 - c_2 + q_2)z_2 - q_2(\#S_3 + \#S_4)$

Case 7.

$E[U_1^r] = (p_1 - c_1 + q_1)z_1 + q_1\frac{\#S_3'}{\#S_3'+\#S_4'}z_2 - q_1\{(\#S_1 + \#S_2 + \#S_3)\}$

$E[U_2^r] = (p_2 - c_2 + q_2)z_2 + q_2\frac{\#S_1'}{\#S_1+\#S_2}z_1 - q_2\{(\#S_3 + \#S_4) + \#S_1\}$

4 顧客の目的関数の導出

顧客の期待総効用について考えていく。顧客の行動パターンとしては4通り存在し、それぞれ以下のような効用を得る：

(1)Customer i が Retailer j を最初に訪問し、そこで購入できた場合

$$U_i^c(1,j) \equiv V_i - d(2\lambda_{ij}) + \gamma(p_j, r_i)$$

(2)Customer i が Retailer j' を最初に訪問するがそこで購入できず、もう一方の Retailer $j(\neq j')$ で購入できた場合

$$U_i^c(2,j') \equiv V_i - d(\lambda_{ij'} + \lambda' + \lambda_{ij}) + \gamma(p_j, r_i)$$

(3)Customer i が Retailer j を最初に訪問するがそこで購入できず、あきらめる場合

$U_i^c(3,j) \equiv u_i - d(2\lambda_{ij})$

(4)Customer i が Retailer j' を最初に訪問するがそこで購入できず、もう一方の Retailer $j(\neq j')$ でも購入できずにあきらめる場合

$U_i^c(4,j') \equiv u_i - d(\lambda_{ij'} + \lambda' + \lambda_{ij})$

紙面の都合上、Case 2 のみ展開する。

(ⅰ)Customer i が $y_i = (1,2)$ をとる時、最初に訪れる Retailer 1 で商品を購入することができる。ゆえに期待効用は

$U_i^c = U_i^c(1,1)$

である。

(ⅱ)Customer i が $y_i = (1,0)$ をとる時、同様にして最初に訪れる Retailer 1 で購入することができる。ゆえに期待効用は

$U_i^c = U_i^c(1,1)$

である。

(ⅲ)Customer i が $y_i = (2,1)$ をとる時、最初に訪れる Retailer 2 では確率 $F(p_i)$ でその価格を許容し購入できる。確率 $1 - F(p_i)$ で価格を容認できない場合には Retailer 1 へと向かう。Retailer 1 では先に来た $\#S_1 + \#S_2$ 人が優先され、残りの $z_1 - (\#S_1 + \#S_2)$ の在庫を Retailer 2 から来た $\#S_3 - \#S_3'$ 人と分け合うことになる。このとき Customer i は確率 $\frac{z_1-(\#S_1+\#S_2)}{\#S_3-\#S_3'}$ で購入でき、$1 - \frac{z_1-(\#S_1+\#S_2)}{\#S_3-\#S_3'}$ で購入できずにあきらめることになる。ゆえに期待効用は、

$U_i^c = U_i^c(1,2)F(p_i') + \{U_i^c(2,2)\frac{z_1-(\#S_1+\#S_2)}{\#S_3-\#S_3'} + U_i^c(4,2)(1 - \frac{z_1-(\#S_1+\#S_2)}{\#S_3-\#S_3'})\}(1 - F(p_i'))$

である。

(ⅳ)Customer i が $y_i = (2,0)$ をとる時、最初に訪れる Retailer 2 において確率 $F(p_i')$ でその価格を許容し購入する。$1 - F(p_i')$ で容認できず購入をあきらめる。ゆえに期待総効用は、

$U_i^c = U_i^c(1,2)F(p_i') + U_i^c(3,2)(1 - F(p_i'))$

である。

各 Case における Customer の期待効用は以下のとおりである。

Case 1.

$y_i = (1,2),(1,0) : E[U_i^c] = U_i^c(1,1)$

$y_i = (2,1) : E[U_i^c] = U_i^c(1,2)F(p_i') + U_i^c(2,2)(1 - F(p_i'))$

$y_i = (2,0) : E[U_i^c] = U_i^c(1,2)F(p_i') + U_i^c(3,2)(1 - F(p_i'))$

Case 2.

$y_i = (1,2),(1,0)$: Case 1. に同じ

$y_i = (2,1) : E[U_i^c] = U_i^c(1,2)F(p_i') + \{U_i^c(2,2)\frac{z_1-(\#S_1+\#S_2)}{\#S_3-\#S_3'} + U_i^c(4,2)(1 - \frac{z_1-(\#S_1+\#S_2)}{\#S_3-\#S_3'})\}(1 - F(p_i'))$

$y_i = (2,0)$: Case 1. に同じ

Case 3.

$y_i = (1,2) : E[U_i^c] = \{U_i^c(1,1)\frac{z_1}{\#S_1+\#S_2} + U_i^c(2,1)(1 - \frac{z_1}{\#S_1+\#S_2})\}F(p_i') + \{U_i^c(1,1)\frac{z_1}{\#S_1+\#S_2} + U_i^c(4,1)(1 - \frac{z_1}{\#S_1+\#S_2})\}(1 - F(p_i'))$

$y_i = (1,0) : E[U_i^c] = U_i^c(1,1)\frac{z_1}{\#S_1+\#S_2} + U_i^c(3,1)(1 - \frac{z_1}{\#S_1+\#S_2})$

$y_i = (2,1) : E[U_i^c] = U_i^c(1,2)F(p_i') + U_i^c(3,2)(1 - F(p_i'))$

$y_i = (2,0) : E[U_i^c] = U_i^c(1,2)F(p_i') + U_i^c(3,2)(1 - F(p_i'))$

Case 4.

$y_i = (1,2),(1,0)$: Case 1. に同じ
$y_i = (2,1) : E[U_i^c] = \{U_i^c(1,2)\frac{z_2}{\#S_3'+\#S_4'} + U_i^c(2,2)(1 - \frac{z_2}{\#S_3'+\#S_4'})\}F(p_i') + U_i^c(2,2)(1-F(p_i'))$
$y_i = (2,0) : E[U_i^c] = U_i^c(1,2)\frac{z_2}{\#S_3'+\#S_4'} + U_i^c(3,2)(1 - \frac{z_2}{\#S_3'+\#S_4'})\}F(p_i') + U_i^c(3,2)(1-F(p_i'))$
Case 5.
$y_i = (1,2) : E[U_i^c] = \{U_i^c(1,1)\frac{\#S_1'}{(\#S_1+\#S_2)\#S_1}z_1 + U_i^c(2,1)(1 - \frac{\#S_1'}{(\#S_1+\#S_2)\#S_1}z_1)\frac{z_2-(\#S_3'+\#S_4')}{\#S_1'-\frac{\#S_1'}{\#S_1+\#S_2}z_1} + U_i^c(4,1)(1-\frac{z_2-(\#S_3'+\#S_4')}{\#S_1'-\frac{\#S_1'}{\#S_1+\#S_2}z_1})\}F(p_i')+\{U_i^c(1,1)\frac{\#S_1'}{(\#S_1+\#S_2)\#S_1}z_1+U_i^c(4,1)(1-\frac{\#S_1'}{(\#S_1+\#S_2)\#S_1}z_1)\}(1-F(p_i'))$
$y_i = (1,0) : E[U_i^c] = U_i^c(1,1)\frac{z_1}{\#S_1+\#S_2} + U_i^c(3,1)(1 - \frac{z_1}{\#S_1+\#S_2})$
$y_i = (2,1) : E[U_i^c] = U_i^c(1,2)F(p_i') + U_i^c(4,2)(1-F(p_i'))$
$y_i = (2,0)$: Case 1 に同じ
Case 6.
$y_i = (1,2),(1,0)$: Case 1 に同じ
$y_i = (2,1) : E[U_i^c] = \{U_i^c(1,2)\frac{z_2}{\#S_3'+\#S_4'} + U_i^c(2,2)(1 - \frac{z_2}{\#S_3'+\#S_4'})\frac{z_1-(\#S_1+\#S_2)}{(\#S_3-\#S_3')+(\#S_3-\frac{\#S_3'}{\#S_3'+\#S_4'}z_2)} + U_i^c(4,2)(1-\frac{z_2}{\#S_3'+\#S_4'})(1-\frac{z_1-(\#S_1+\#S_2)}{(\#S_3-\#S_3')+(\#S_3-\frac{\#S_3'}{\#S_3'+\#S_4'}z_2)})\}F(p_i')+\{U_i^c(1,2)\frac{z_1-(\#S_1+\#S_2)}{(\#S_3-\#S_3')+(\#S_3-\frac{\#S_3'}{\#S_3'+\#S_4'}z_2)}+ U_i^c(4,2)(1-\frac{z_1-(\#S_1+\#S_2)}{(\#S_3-\#S_3')+(\#S_3-\frac{\#S_3'}{\#S_3'+\#S_4')}z_2)})\}(1-F(p_i'))$
$y_i = (2,0)$: Case 4 に同じ
Case 7.
$y_i = (1,2) : E[U_i^c] = U_i^c(1,1)\frac{z_1}{\#S_1+\#S_2} + U_i^c(4,1)(1 - \frac{z_1}{\#S_1+\#S_2})$
$y_i = (1,0)$: Case 3 に同じ
$y_i = (2,1) : E[U_i^c] = \{U_i^c(1,2)\frac{z_2}{\#S_3'+\#S_4'} + U_i^c(4,2)(1 - \frac{z_1}{\#S_3'+\#S_4'})\}F(p_i') + U_i^c(4,2)(1-F(p_i'))$
$y_i = (2,0) : E[U_i^c] = \{U_i^c(1,2)\frac{z_2}{\#S_3'+\#S_4'} + U_i^c(4,2)(1 - \frac{z_1}{\#S_3'+\#S_4'})\}F(p_i') + U_i^c(3,2)(1-F(p_i'))$

5 平衡解析

すべての起こりうる戦略対 $(z_1, z_2, y_1, ..., y_n)$ について以下の条件を満たす平衡点 $(z_1^*, z_2^*, y_1^*, ..., y_n^*)$ を求めていく。

$$E[U_1^r(z_1^*, z_2^*, y_1^*, ..., y_n^*)] \leqq E[U_1^r(z_1, z_2^*, y_1^*, ..., y_n^*)]$$
$$E[U_2^r(z_1^*, z_2^*, y_1^*, ..., y_n^*)] \leqq E[U_2^r(z_1^*, z_2, y_1^*, ..., y_n^*)]$$
$$E[U_i^c(z_1^*, z_2^*, y_1^*, ..., y_n^*)] \geqq E[U_i^c(z_1^*, z_2^*, y_1^*, ..., y_i, ..., y_n^*)]$$

まず Retailer 側から均衡点を求める。各 Case において z_1、z_2 での偏微分をとり、増減を調べた結果、Retailer 側の均衡点は

$$(z_1^*, z_2^*) = ((\#S_1 + \#S_2) + (\#S_3 - \#S_3'), \#S_3' + \#S_4')$$

となる。

これを Customer i の目的関数に代入して各戦略の間の差を計算することにより最適なる戦略を求めていく。$\gamma(p_2, r_i)$ と $\gamma(p_1, r_i)$ との関係式としてみることでその条件となる領域を示す。Retailer 側の均衡点の代入を行うと均衡点周りの Case1,2,4,6 については式が一致する。よって以下の領域によって戦略が決定される。

$y_i = (1,2),(1,0):$

$$-V_i + d(2\lambda_{i1}) < \gamma(p_1, r_i) \leqq -(V_i - u_i) + d(\lambda_{i1} + \lambda' - \lambda_{i2})$$

$$\frac{1}{F(p_i')}\gamma(p_1, r_i) + \frac{1}{F(p_i')}(2\lambda_{i2} - 2\lambda) + (V_i - u_i)\frac{1-F(p_i'(}{F(p_i')} \leqq \gamma(p_2, r_i) \leqq \gamma(p_1, r_i) + (2\lambda_{i2} - 2\lambda)$$

$$+d(\lambda_{i2} + \lambda' - \lambda_{i1})\frac{1-F(p_i')}{F(p_i')}$$

$y_i = (2,1):$

$$-V_i + d(2\lambda_{i1}) < \gamma(p_1, r_i)$$

$$\gamma(p_2, r_i) > \gamma(p_1, r_i) + (2\lambda_{i2} - 2\lambda) + d(\lambda_{i2} + \lambda' - \lambda_{i1})\frac{1-F(p_i')}{F(p_i')}$$

$y_i = (2,0):$

上記以外の領域.

すべての顧客について上記の領域を求めることで均衡点が求められる。

6 まとめ

本研究では、店舗と顧客における意思決定のもとで、価格についての非対称情報と参照価格を考慮したモデルの提案を行った。結果として、店舗の収益と顧客の効用による均衡点が導出され、参照価格の値によって戦略の条件の特徴づけを行うことができた。本研究では、参照価格の取り扱いにおいて価格未知の店舗に到着の際、参照価格が更新されないという仮定を置いていた。しかし販売価格の観測によって顧客の参照価格は更新されるため、本来はこれを加味したモデルが実状に沿うものである。また参照価格をある一つの値として与えていた。しかし、これまでの価格の推移から計算されるものであるという性質があるため、多期間問題としての考察が望ましい。これらの問題点は今後の研究課題とする。

参考文献

[1] 北條仁志, “再配分を持つ競合的在庫問題の再考”, 京都大学数理解析研究所講究録 1682, 145-150 (2010).

[2] Briesch,R.A., Krishnamurthi,L., Mazumdar,T. and Raj,S.P., “ A Comparative Analysis of Reference Price Models, ” Journal of Consumer Research, Vol.24, No.2, 202-214 (1997).

[3] Heymand,D.P., Sobel,M.J., “ Handbooks in Operations Research and Management Science, ” Vol.2, Elsevier Science Publishers (1990).

[4] Talluri,K.T., Ryzin,G.J.V., “ The Theory and Practice of Revenue Management, ” Splinger (2005).