

マルチエージェントシステムを用いたコミュニティサイクル システムサービスにおける駐輪場配置の最適化手法

In community cycle system service using multi agent system Optimization method of bicycle parking placement

岩本 朋也[†] 大下 昌紀[†] 木上 飛鳥^{††} 森永 笑子^{††}

Tomoya Iwamoto[†] Masanori Oshita[†] Asuka Kigami^{††} Shoko Morinaga^{††}

[†] 広島工業大学

1 はじめに

近年、コミュニティサイクル (Community Cycle System, 以下 CCS) の社会実験や導入が各地で進められている。CCS とは、相互利用可能な複数のサイクルポートが設置され、面的な都市交通に供されるシステム [1] と定義されている。CCS は、オランダで発祥し、パリなどの欧米では定着しつつある。日本においても、CCS は、観光活性化、公共交通の利用促進、放置自動車の削減、環境負荷の軽減などを目的に多くの都市で導入が進められている。国土交通省によると、2015 年に CCS を本格導入している都市は日本全国で 77 都市があり [2]、今後さらに CCS の導入、活用が進められいくと考えられる。

持続可能な CCS を構築するためには、利便性の向上が必要であり、その一つとしてステーションの設置場所が重要である [3] といわれている。原田 [4] は、千葉県柏キャンパス地区を舞台に実装・実験運用したシステムの運用と利用実態を把握するとともに、利用行動モデルを構築してポート配置変更に関するシナリオ分析の研究を行った。この研究では、料金設定も CCS を評価する上で重要な評価項目と明らかにされた。また、佐藤ら [5] が行ったコミュニティサイクルシステムの利用実態とステーション配置に関する研究では、2009 年に名古屋市において約 3 万人が参加した CCS の社会実験 (名チャリ社会実験 2009) で得られたデータを用いて、大規模 CCS 実現のためのステーション配置を決定する際の有用な知見を得るために分析が行われた。この研究からは、沿道状況や土地利用状況を考慮することが利用を促進する上で重要であることが分かった。そこで、本研究ではマルチエージェントシミュレーション (MAS) を利用し、先行研究や社会実験から得られたデータを用いて、自転車レンタルする料金やポートの配置などを自由に設定可能なモデルを構築し、コミュニティサイクルにおける収益を予測可能なモデルを提案する。また、本研究により CCS の収益拡大に関してキーポイントとなる有用な項目を得るために、複数のシミュレーションを通して分析を行うことを目的とする。

2 社会実験の概要

本研究で用いるデータが収集された社会実験「のりんさいくる HIROSHIMA」[6] の概要を表 1 に示す。社会実験は、平成 23 年 3 月 13 日から平成 25 年 3 月 10

表 1: のりんさいくる HIROSHIMA の概要

項目	内容
実験エリア	広島駅南口と紙屋町・八丁堀周辺地区
ステーション数	11 か所 (社会実験開始時は 9 か所)
実施期間	平成 23 年 3 月 13 日から平成 25 年 3 月 10 日
貸出自転車数	150 台
貸出・返却時間	午前 5 時から午後 1 時まで (返却は 24 時間)
利用料	登録利用 1000 円/月、一時利用 100 円/日・回

表 2: のりんさいくる HIROSHIMA の料金体系

料金プラン	内容
マンスリーパス	基本料金 1000 円/月
スリーデイズパス	基本料金 500 円/3 日間
ワンタイムパス	基本料金 無料

日の 729 日間、広島駅南口と広島市中区紙屋町・八丁堀周辺地区の主として自転車利用に適した線路沿いに 11 か所配置し、150 台の自転車を用いて実施された。自転車の貸出時間は、午前 5 時から午後 1 時までとし、返却時間は 24 時間返却可能である。実験機器として、個々の自転車を収容する電磁ロック式のサイクルスロットを複数備えたサイクルポート (自転車の貸出・返却拠点) を路上に設置し、これらをインターネット回線経由で遠隔操作し、無人で管理している。貸出・返却方法については、Felica 搭載の携帯電話やスマートフォン、交通系 IC カード、専用 IC カードを鍵として使用。この鍵をサイクルスロットにかざすことで電磁ロックを解除し、自転車を貸出。また、自転車をサイクルスロットにロックすることで返却が完了する。返却完了後、電子メールで利用時間と利用料金を利用者に通知を行っている。のりんさいくる HIROSHIMA の料金体系は、マンスリーパス、スリーデイズパス、ワンタイムパスの 3 種類あり、詳細は表 2 に示す。のりんさいくる HIROSHIMA は、基本料金に加えて 30 分毎に追加料金が発生する仕組みとなっている。また、ワンタイムパスは、実験開始時ではなく平成 23 年 5 月に実施した利用者アンケート調査において、使いやすい料金プランの新設希望などの意見から新たに追加された

ぷらんである。これより、CCSにおいて料金設定は重要なポイントだと考えられる。なお、実験終了時の登録会員数は3529人であった。

3 システム概要

3.1 記号の定義

本研究では、記号を以下のように定義する

N' : 使用可能な駐輪場の最大数

N : 使用する駐輪場の数

B : 総利益

P_i : 駐輪場 ($i \leq N$)

x_i : 駐輪場 P_i が存在する点の x 座標 ($1 \leq i \leq N$)

y_i : 駐輪場 P_i が存在する点の y 座標 ($1 \leq i \leq N$)

H'_i : 駐輪場 P_i にあるシミュレーション開始時の
自転車の総数 ($1 \leq i \leq N$)

H_i : 駐輪場 P_i にある自転車の総数 ($1 \leq i \leq N$)

C_i : 駐輪場 P_i の駐輪場の自転車を置くことのできる総数, 広さ ($1 \leq i \leq N$)

W_i : 駐輪場 P_i の待機自転車数

F_0 : 自転車利用料の基本料金

$D_{i,j}$: 駐輪場 P_i, P_j 間の距離
($1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq N, i \neq j$)

$F_{i,j}$: 駐輪場 P_i, P_j 間の自転車利用料
($1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq N, i \neq j$)

V : 自転車1台のスペースあたりの駐輪場の日極土地代

V_s : 1日あたりに支払う土地代合計

Pf_i : 駐輪場 P_i における自転車の発生確率 ($1 \leq i \leq N$)

Pt_i : 駐輪場 P_i の人気度 ($1 \leq i \leq N$)

Mp : 自転車故障率

Mc : 故障した自転車の修理費

Bc : 自転車移動の際の移動費

Bn : 自転車移動の際の移動量

A_i : 自転車移動の際の駐輪場の有剰度

t : フレーム数

d : 日数

3.2 数学モデル

本研究では、広島県で展開された CCS 社会実験「のりんさいくる HIROSHIMA」[6] によって得られた結

果から、現在より利益を向上させるためにはどのような駐輪場配置、また料金設定により CCS を展開すべきかを議論するため、以下の条件の下でシミュレーションを行い、利益となる B について考察を行う。

1. 1000 フレーム1日とする。つまり、日数 d は、

$$d = 1000t \quad (1)$$

と表される。

2. 「のりんさいくる HIROSHIMA」に用いられている駐輪場の数が11であるため、利用可能な駐輪場の数 N' は11とする。この時、それぞれの座標 $P_i = (x_i, y_i)$ としているため、駐輪場 P_i, P_j 間の距離 $D_{i,j}$ は、

$$D_{i,j} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \quad (2)$$

と表される。

3. 本研究では、新しい価格設定でのシミュレーションを想定する。「のりんさいくる HIROSHIMA」では、価格設定は利用時間単位で行われている。しかしながら、社会実験の結果によると、30分以内の利用が全体の約97%になっており、通勤、通学などの移動手段として用いられることが最も多いことが推察される。そこで、自転車の利用料に関して、出発点から到着店までの距離から価格を設定する手段を本シミュレーションでは提案する。自転車の利用料は、出発点である駐輪場 P_i と、到着点である駐輪場 P_j の距離 $D_{i,j}$ 及び、基本料金 F_0 によって決定される。存在する出発点と到着点間の道の総数を、 S とおくと、

$$S = {}_N C_2 \quad (3)$$

と表される。存在する出発点と到着点間の道の距離の平均と、距離 $D_{i,j}$ の比が、基本料金 F_0 と、利用料 $F_{i,j}$ の比と同様になっている。つまり、 $F_{i,j}$ は、

$$F_{i,j} = F_0 D_{i,j} \frac{{}_N C_2}{\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i}^N D_{i,j}} \quad (4)$$

と表される。

4. 駐輪場の土地代が日極で支払われる。この時、1日に支払う土地代の合計 V_s は、

$$V_s = \sum_{i=1}^N W_i V \quad (5)$$

と表される。1日が終わる際に、総利益 B から V_s が減算される。

5. 自転車は、毎フレームごとに一定確率で駐輪場から発生する。駐輪場 i で自転車が発生する確率は Pf_i である。

6. 先述した通り、「のりんさいくる HIROSHIMA」では、主に移動手段に自転車が用いられていることが推察される。そこで、発生した自転車は、出現した駐輪場以外の駐輪場に向かうこととする。向かう駐輪場は、駐輪場の人気度である Pt_i によって決定される。 P_i から発生する自転車が、 $P_j (i \neq j)$ に向かう確率を $FT_{i,j}$ とすると、

$$FT_{i,j} = -\frac{Pt_j}{Pt_i - \sum_{j=1}^N Pt_j} \quad (6)$$

で表される。

7. 自転車は、駐輪場に向かう際、直線的に向かうのではなく、正規分布に従う乱数に応じてランダムに駐輪場に向かう。
8. 自転車が向かう駐輪場に到着した際、もし駐輪場に空きスペースがあれば、到着したとみなすこととする。その場合、自身は消滅し、向かう駐輪場の自転車所持台数 H_i が1加算される。空きスペースがない場合、駐輪場に空きスペースが発生するまで待機し、空きスペースが発生し次第到着したとみなすこととする。到着した際に、総利益 B に、自転車利用料 $F_{i,j}$ が加算される。
9. 「のりんさいくる HIROSHIMA」では、自転車が枯渇している場合、余裕のある他の駐輪場から自転車を移動している。そこで、本システムにおいても、各駐輪場において、所持自転車が0になった場合、他の駐輪場から自転車を移動する。その際に、最も適した駐輪場から自転車を移動する。駐輪場 P_j の所持自転車が枯渇した際の、駐輪場 P_i の有剰度 $A_i (i \neq j)$ は、

$$A_i = \frac{C_i}{H_i + W_i} \quad (7)$$

で表される。 A_i が最小となる駐輪場 P_i から自転車が移動される。

10. 自転車の移動費を自転車1台ごとに Bc とする。すなわち、 P_i における一度の移動費の合計を Bs_i とすると、

$$Bs_i = BcBn \quad (8)$$

と表される。移動の際、総利益 B から自転車移動費 Bs_i が減算される。

11. 移動中の自転車が毎フレームごとに一定確率 Mp で故障する。また、故障が発生した際は総利益 B から、修理費 Mc が減算される。

以上の条件下で、総利益 B について議論を行う。 B に関しては、以下の式で求めることができる。

$$B(t) = \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^M \alpha_l(t) F_{i,j} - \beta_l(t) Bc - \gamma_l(t) Mc \quad (9)$$

ここで、 $\alpha_l(t)$ は、自転車1が時刻 t で駐輪場に到着し、利用料を支払った場合1、そうでない場合0とし、 $\beta_l(t)$ は、自転車 l が時刻 t でいずれかの駐輪場からいずれかの駐輪場に運搬された場合1、そうでない場合0とし、 $\gamma_l(t)$ は、自転車1が時刻 t で故障した場合1、そうでない場合0とする。また、 M をシミュレーション上で動かすことが可能な自転車エージェントの総数とする。つまり M は、

$$M = \sum_{i=1}^N H'_i \quad (10)$$

と表される。この時、 $B(t)$ は非線形関数であり、計算による解の算出が非常に困難である。そのため、本研究では、マルチエージェントシステムである artisoc を用いてシミュレーションを行い、解の導入を行うことで、総利益 B についての議論を行う。

3.3 シミュレーションの流れ

シミュレーション開始時に各駐輪場のエージェント作成、また料金設定などの初期設定を行う。料金に関しては、シミュレーションにはエージェント生成処理、自転車運搬処理、エージェント移動処理の大きく3つの処理が存在しており、これらの処理を5年分、つまり $1000 \times 365 \times 5$ フレーム分行うことを、1度のレーションとする。

3.3.1 初期設定

あらかじめコントロールパネルに入力された値に応じて、駐輪場の設置と駐輪場間の料金の決定を行う。料金は、式(4)で決定される。また、総利益 B を0とする。

3.3.2 エージェント生成処理

エージェント生成処理では、自転車となるエージェントの生成を行う。処理のフローを図1示す。

1. 自転車エージェントは毎フレーム各駐輪場ごとに決められた確率で生成される。
2. 自転車エージェントが生成されたとき、駐輪場の人気度に応じてランダムに目的地を決定する。各目的地に向かう確率は、式(6)で決定される。
3. 目的地が決定されると、エージェントを発生し、パラメータの変更が行われる。具体的には、駐輪場 P_i から P_j に向かう自転車が発生した場合、発生するエージェントの初期位置 (x_i, y_i) を代入する。駐輪場 i における自転車の総数 H_i を1減算される。
4. 上記1から3を、すべての駐輪場において行う。

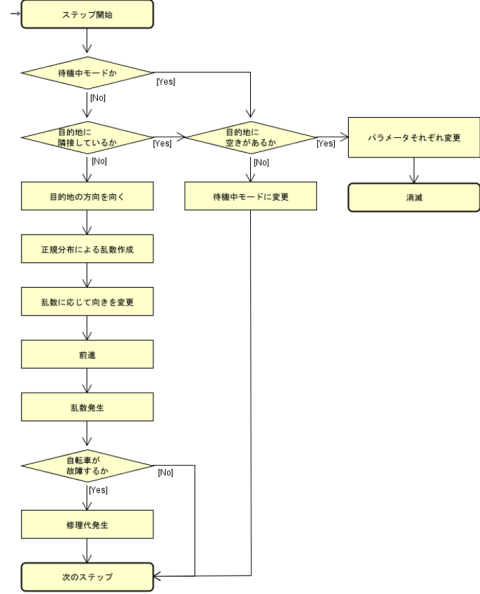
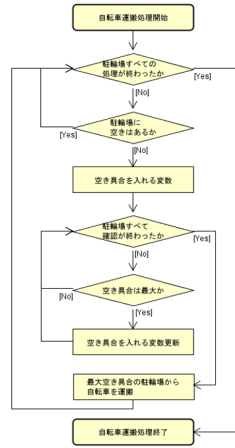
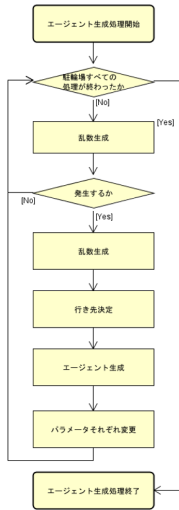


図 1: エージェント生成処理フロー
図 2: 自転車運搬処理フロー

図 3: エージェント移動フロー

3.3.3 自転車運搬処理

自転車運搬処理では、自転車の空きがなくなり、空になった駐輪場に余裕のある駐輪場から自転車を運搬して、空の駐輪場をなくすための処理である。処理のフローを図 2 に示す。 $H_i (1 \leq i \leq N)$ が 0 である場合この処理を行う。

1. H_i が 0 の時、 i でない駐輪場 P_j に関して、 A_j を算出する。 A_j は式 (7) によって算出される。
2. 上記 1 を、すべての j において行う。
3. 最も値の大きかった A_j に対して、 P_j の自転車を P_i に移動する。つまり、もし、 W_j が 0 より大きい場合、 W_j が 1 減算され、そうでない場合、 H_j が 1 減算される。また、同時に H_i が 1 加算される。
4. その後、総利益 B から自転車移動の際の移動量 B_n が支払われる。
5. 上記 1 から 4 を、自転車の移動量 B_n 回繰り返す。
6. 上記 1 から 5 を、すべての駐輪場において行う。

3.3.4 エージェント移動処理

エージェント移動処理では、自転車エージェントが発生した際の動きの制御を行う処理である。処理のフローを図 3 に示す。

1. 駐輪場 B_j から発生する。
2. 目的地の駐輪場 B_i の方向を向く。目的地の駐輪場に応じてそれぞれ個別にエージェントが用意されている。

3. 平均 100, 標準偏差の正規分布に近似した乱数 R を生成する。
4. 乱数に応じて向きを変更する。2 で向いた向きが θ であった場合、求める向き θ' は

$$\theta' = \theta + (100 - R) \times 1.8 \quad (11)$$

で表される

5. 1 歩進む
6. 上記 2 から 5 を、目的地の駐輪場 B_i に近づくまで繰り返す。
7. $H_i \geq C_i$ になるまで、待機モードに移行する。
8. $H_i < C_i$ の時、自転車が到着したことをする。つまり、 H_i が 1 加算され、エージェントが消滅する。
9. 総利益 B に、駐輪場 P_i, P_j 間の自転車利用料 $F_{i,j}$ が加算される。

4 実験

4.1 実験概要

本研究で開発したシミュレーションシステムを用いて、実験を行う。まず、初めに従来のビジネスモデル (ここでは従来のビジネスモデルを「のりんくる HI-ROSHIMA」とする) [6] を想定し、本システム上でシミュレーションした際に、社会実験の結果と同じような総利益が得られるかを検証する。その後、本研究で考案したビジネスモデルがどれほど総利益を得られるかを明らかにするため、従来のビジネスモデルをもとに各エージェントにパラメータを設定し、シミュレー

ションを行う。また、考案したビジネスモデルが5年以内に収支のつり合いが取れるかどうかについても検証を行う。なお、「のりんさいくろ HIROSHIMA」の利用者は30分以内に利用を終えている者が多数である。ゆえに利用者は観光客ではなく、通勤や通学などの明確な目的地を持った利用者が多数であると考察する。このような利用者が多数の場合、30分以内の利用が無料になってしまう従来の料金設定では収支のつり合いを取ることは不可能である。そこで本研究では、ターゲットユーザを30分以内の利用者に絞り、利用料を時間ではなく駐輪場の距離によって変動させる価格体制にすることで収益拡大を図る。

4.2 パラメータ

4.2.1 初期パラメーターの設定

本実験では「のりんさいくろ HIROSHIMA」の社会実験をもとにシミュレーションのパラメータを設定する。日極土地代 V を $V = 136$ とし、使用する駐輪場の数 $N=11$ とし、駐輪場 P_i のそれぞれの座標を、 $P_1 = (106, 36)$, $P_2 = (96, 28)$, $P_3 = (69, 17)$, $P_4 = (70, 37)$, $P_5 = (51, 22)$, $P_6 = (47, 37)$, $P_7 = (33, 35)$, $P_8 = (35, 81)$, $P_9 = (44, 64)$, $P_{10} = (77, 81)$, $P_{11} = (63, 49)$ とする。また、駐輪場 P_i にある自転車の総数 H_i をそれぞれ $H'_1 = 37$, $H'_2 = 15$, $H'_3 = 10$, $H'_4 = 9$, $H'_5 = 7$, $H'_6 = 12$, $H'_7 = 8$, $H'_8 = 14$, $H'_9 = 14$, $H'_{10} = 10$, $H'_{11} = 14$ とし、広さ C_i をそれぞれ $C_1 = 78$, $C_2 = 31$, $C_3 = 20$, $C_4 = 18$, $C_5 = 15$, $C_6 = 25$, $C_7 = 16$, $C_8 = 30$, $C_9 = 30$, $C_{10} = 21$, $C_{11} = 29$ とした。また、駐輪場 P_i の出現率 Pf_i , 人気度 Pt_i をそれぞれ、 $Pf_1 = 12$, $Pf_2 = 2.1$, $Pf_3 = 3.3$, $Pf_4 = 2.9$, $Pf_5 = 0.6$, $Pf_6 = 4.4$, $Pf_7 = 0.9$, $Pf_8 = 4.2$, $Pf_9 = 4$, $Pf_{10} = 3.5$, $Pf_{11} = 2$, $Pt_1 = 31.2$, $Pt_2 = 6.8$, $Pt_3 = 8.2$, $Pt_4 = 6.6$, $Pt_5 = 1.7$, $Pt_6 = 9.4$, $Pt_7 = 2.7$, $Pt_8 = 9.3$, $Pt_9 = 9.8$, $Pt_{10} = 7.8$, $Pt_{11} = 6.6$ とした。さらに、Bc 自転車移動の際の自転車1台の移動費移動費 Bc を $Bc = 130$, 自転車移動の際の移動量 Bn を $Bn = 4$ とし、自転車の故障率 Mp を $Mp = 0.03$, 自転車の修理費 Mc を $Mc = 10000$ とした。

4.3 駐輪場間の距離

駐輪場 P_i の座標から、式(4)を用いて P_i , P_j 間の距離 $S_{i,j}$ が算出される

4.4 実験1

実験1では、従来のビジネスモデルと本研究で提案するビジネスモデルとでそれぞれシミュレーションを行い、1年間での総利益 B を比較する。従来のビジネスモデルでのシミュレーションは、利用料として、ワンタイムパスを用いた一時利用の料金100円で固定した。1年間のシミュレーションにより得られた総利益 B の推移を図4に示す。

1年間行った総利益では金額が固定化されているのに対して、提案ビジネスモデルでは表2のように料金は距離に合わせて変動するような料金設定に変更した。具体的には、自転車利用料の基本料金である F_0

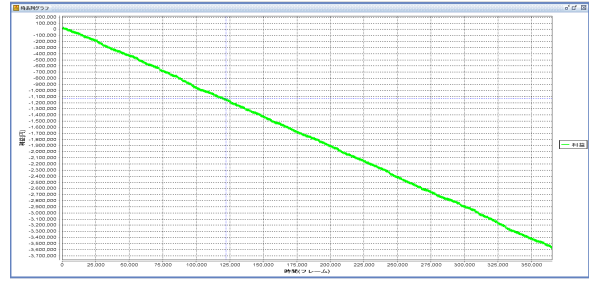


図4: 従来ビジネスモデルの利益の推移

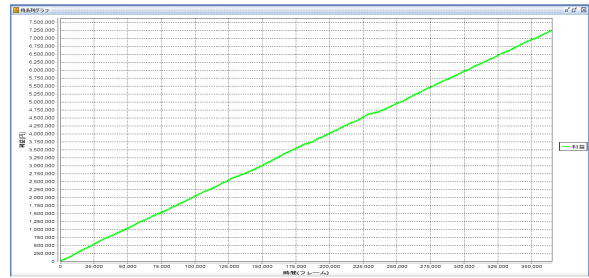


図5: 実験1における提案ビジネスモデルの利益の推移

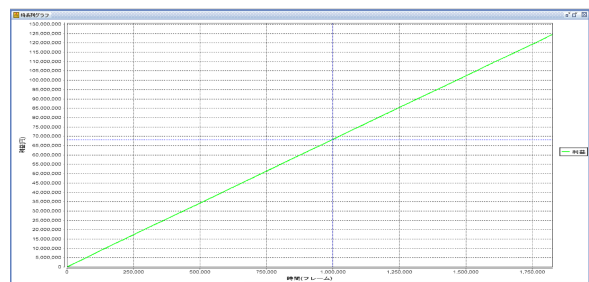


図6: 実験2における目標金額到達のための価格設定による利益の推移

を $F_0 = 150$ に設定した。実験1における駐輪場 P_i , P_j 間の自転車利用料 $F_{i,j}$ を図7に示す。表は、列が i , 行が j を表しており、例えば、 P_1 , P_2 間の料金 $F_{i,j}$ は、46を示している。シミュレーションにより得られた総利益 B の推移を図5に示す。これらの結果から、従来のビジネスモデルよりも本研究のビジネスモデルの方がシミュレーション上で総利益が右肩上がりになることが明らかになった。

また、本研究のビジネスモデルでの5年間の収益は約37,000,000円となった。「のりんさいくろ HIROSHIMA」の初期経費が144,480,000円であり、収支のつり合いは5年以内で取ることが必要条件であるため、目標達成のためにはビジネスモデルの改善やコスト削減について十分に検討していくことが重要であると考察する。

4.5 実験2

実験1の結果から5年間で収支のつり合いを目標としてパラメータを変更していく、パラメータの変更点

$i \backslash j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		46	148	128	202	210	260	296	245	191	162
2	46		104	98	162	177	226	285	228	200	140
3	148	104		71	66	106	143	256	191	230	113
4	128	98	71		86	82	132	198	136	159	48
5	202	162	66	86		55	79	217	152	229	100
6	210	177	106	82	55		50	161	97	190	66
7	260	226	143	132	79	50		164	109	227	113
8	296	285	256	198	217	161	164		65	146	150
9	245	228	191	136	152	97	109	65		129	135
10	191	200	230	159	229	190	227	146	129		88
11	162	140	113	48	100	66	113	150	135	88	

図 7: 実験 1 における P_i, P_j 間の自転車利用料 $F_{i,j}$

$i \backslash j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		77	252	218	343	357	442	504	417	324	276
2	77		176	166	275	301	384	484	388	341	239
3	252	176		121	113	180	244	436	325	390	192
4	218	166	121		146	139	224	336	231	270	82
5	343	275	113	146		94	134	368	259	390	171
6	357	301	180	139	94		86	274	165	322	113
7	442	384	244	224	134	86		279	186	385	192
8	504	484	436	336	368	274	279		111	248	254
9	417	388	325	231	259	165	186	111		230	150
10	324	341	390	270	390	322	385	248	230		219
11	276	239	192	82	171	113	192	254	150	219	

図 8: 実験 2 における P_i, P_j 間の自転車利用料 $F_{i,j}$

として、利用料に着目して 5 年間のシミュレーションを行った。具体的には、基本料金 F_0 を $F_0 = 255$ に設定した。実験 1 における駐輪場 P_i, P_j 間の自転車利用料 $F_{i,j}$ を図 8 に示す。表は、図 7 と同様の構造をしている。シミュレーションにより得られた総利益 B の推移を図 6 に示す。図の結果に加えて、「のりんさいくる」のビジネスモデルと同様に年間 4,000,000 の広告宣伝費を加算することで、初期費用と収支のつり合いを得られることが明らかになった。

5 考察, 結論

以上の実験結果から考察を述べ、結論を述べる。

5.1 考察

実験 1 の結果より、本提案ビジネスモデルは従来のビジネスモデルと比較して、収益をより多く得ることができると明らかになった。これは利用者の多い区間において、利用料金が増加しているためだと考えられる。

また、実験 2 の結果から、現在赤字が多く続いている CCS で収益を取るためには利用料を大幅に増加させなければならないということが明らかになった。しかし利用料の大幅な増加は利用者の減少につながり現

实的ではない。そこで現実的な方法として利用者の増加が必要であると考えられる。増加の手段として外的要因からのアプローチが挙げられる。例としては祭りなどの多くの人が出入りする行事での宣伝活動である。利用者の増加が見込めれば利用料金を大幅に上げずに収支のつり合いが取れるようになる。

5.2 結論

本研究では CCS のモデルを作成し、従来のビジネスモデルとは異なった新たなビジネスモデルを提案、実験した。その結果提案ビジネスモデルは従来のビジネスモデルよりも収益をより多く得られること、収支のつり合いには莫大な利用料金が必要であることが明らかとなった。今後は、より現実的に収益をとれるためのビジネスモデルの改善を行っていく必要がある。

参考文献

- [1] 国土交通省, コミュニティサイクル導入の現状と課題, <http://www.mlit.go.jp/common/000189512.pdf>
- [2] 国土交通省, 全国コミュニティサイクルの取組等について, <http://www.mlit.go.jp/common/001134417.pdf>
- [3] 阿部剛志, 川嶋雅章, 持続可能なコミュニティサイクルシステムの構築と運営手法に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), F-1 分冊, pp.131-13.
- [4] 原田昇, スマートモビリティネットワークの地域展開に関する研究, <https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-19360228/19360228seika.pdf> (2008)
- [5] 佐藤仁美, 酒井良輔, 三輪富生, 森川高行, コミュニティサイクルシステムの利用実態とステーション配置に関する研究, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.69, No.5(土木計画学研究・論文集第 30 巻), I-1563-I-1570, 2013, <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejipm/-/69/5/69-I-563/-pdf/-char/ja> (2013)
- [6] 広島市道路交通局自転車都市づくり推進課, ひろしまコミュニティサイクル社会実験報告書「のりんさいくる HIROSHIMA」, <http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/-/1372983690442/files/honnpen-1.pdf>, <http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/-/1372983690442/files/honnpen-2-1.pdf>, <http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/-/1372983690442/files/honnpen2-2.pdf>, <http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/-/1372983690442/files/honnpen-3.pdf>(2013)