住吉台くるくるバスの費用構造に関する分析*

Operation Cost Analysis of “Sumiyoshidai Kurukuru Bus” *

冨田安夫**・石原駿佑***・岩本浩気****
By Yasuo TOMITA**・Shunsuke ISHIHARA***・Kouki IWAMOTO****

１．はじめに

東京都武蔵野市のムーバス（1995 年開始）以降，全国の多くの地域でコミュニティバスが導入されるようになり，特に，2000 以降はその増加傾向が目立ってきた．2005 年の国土交通省の資料によると全国 2418 自治体（当時の自治体数）のうち，914 自治体でコミュニティバス（乗合タクシーも含む）が導入されている [1]．しかしながら，コミュニティバスの多くが地方自治体からの補助金に依存しており，自治体財政の逼迫によって補助金が削減され廃線となることも少なくない．その一方で，急速な高齢化の進行によって高齢者は増加しており，その足としてのバス交通に対するニーズは高まっている．また，地球環境問題の深刻化から，環境負荷の低減は喫緊の課題でありバス交通の利用促進が求められている．

このようにバスの利用促進が求められているにもかかわらず，多くのコミュニティバスが廃線となっている．しかしながら，神戸市東灘区住吉台地区の「住吉台くるくるバス」は，自治体からの補助金を受けずに運行されている数少ない事例であり，その費用構造を分析することは，バスの運行費用節約のための知見を得るうえで有用である．

本研究では，バス運行費用の簡便な算定式を提案し，これを用いて住吉台くるくるバスの費用構造の分析を行うことを目的とする．この提案した算定式は，バス運行費用のマネジメントや，利用者・バス事業者・行政間におけるリスク分担を検討するに際して有用な情報提供を可能とするものである．

以下では，まず，既存研究を整理したのちに，バス運行費用の算定式を定式化する．そして，この式を用いて住吉台くるくるバスの運行費用を試算した後に，その感度分析を行っている．

*キーワード：公共交通計画，住吉台くるくるバス，費用
**正会員，工博、近畿大学理工学部社会環境工学科
（大阪府東大阪市小若江3-4-1，TEL06-6721-2332　内5301）
***学生員，神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻
****非会員，(株)中日アド企画

２．既存研究

バスの費用構造に関する分析としては，バスの運行距離に単位距離あたりの運行費用原単位を乗じて算定することが多くなされてきた [2]（例えば，近年では加藤・福本 [3] など）．また，路線ごとの詳細なデータが得られないことからバス事業所単位のデータを用いて運行経費原単位の差異を分析することがしばしばなされている [2]．しかし，特定のコミュニティバスのマネジメントを行うにあたっては，路線長や運行頻度などの変化によって，離散的に変化する乗務員必要人数やバス必要台数を詳細に分析することが必要となる．特に，バス運行においては人件費の割合が高いことから，乗務員必要人数の具体的な算定は不可欠である．本研究の費用算定式では，乗務員必要人数およびバス必要台数について明示的に扱っているところが特徴である．

また，住吉台くるくるバスに関する研究としては，森栗 [4]や松本 [5]の研究がある．くるくるバスの主導者のひとりである森栗は，バスの実現に至るプロセスやコンフリクトの解消に関する分析を通じて住民・事業者・行政の協働およびそのための場の確保がコミュニティバスの実現に当たって重要であったことを指摘している．また，くるくるバスの交通事業者である松本は，くるくるバスのサービス設計にあたってマーケティング手法を応用しており，このことによって競合交通手段や同業他社，また利用者に配慮したサービス設計が可能となったと述べている．いずれの研究も実用的に非常に貴重な指摘を行っているが，住吉台くるくるバスに関する需要や供給に関する定量的な分析は実施していない．本研究では，バス運行費用の観点からくるくるバスの費用を定量的に分析している．

３．バス運行費用の算定式

（1）バス運行の費用項目と算定対象

バス運行費用算定式の定式化にあたって，まず，バス運行の費用項目を整理すると共に，本研究で対象とする費用項目を確定する．

バス運行の費用項目を，旅客自動車運送事業等報告規則を参考にして整理したものが表-1 である．運行費

用には運行に直接必要な運送費と運行を管理運営するための一般管理費に大別される．地域や運行形態によって異なるが，一般には，運送費が運行費用の 85～95%を占めている．運送費においては人件費が 65～75%と大きな比重を占め，その他では，燃料費 5～10%，車両修繕費 4～8%などが大きい．人件費，燃料費，車両修繕費を合わせると，74～93%を占めることになる[6]．

一般のコミュニティバスにおいては NPO 等が新規に運営することになることが多いが，住吉台くるくるバスの場合は，都市部における需要規模が大きな地域であったため既存バス事業者による事業拡張による運営がなされており新たに一般管理費を追加する必要が無かったことから，一般管理費を費用算定対象から除外する．また，施設使用料・自動車リース代・施設賦課税・事故賠償費・道路使用料についても，企業規模や事業形態によって大きく異なること，運送費に占める割合も１～2.5 割程度であり比較的小さいことから，費用算定対象から除外することとする．したがって，本研究における費用算定対象は，乗務員人件費，燃料費，車両使用費，車両修繕費の４つの費用項目である．なお，本研究で除外した費用項目についても，実際に採算性を検討するにあたっては何らかの方法で適宜補うことが必要である．

表-1 バス運行の費用項目と算定対象

区分	項目
運送費	乗務員人件費*，燃料費*，車両使用費*，車両修繕費*，保険料，施設使用料，施設賦課税，事故賠償費，道路使用料，その他
一般管理費	人件費，その他

（備考）＊印：本研究における費用算定の対象項目

（２）費用算定式の定式化

以下では，まず，費用算定の基本的指標であるバス投入台数および乗務員数について図-1 に従って定式化し，これを用いて乗務員人件費，燃料費，車両使用費，車両修繕費の各費用項目を図-2 に従って定式化する．なお，費用算定の単位期間は１日とする．

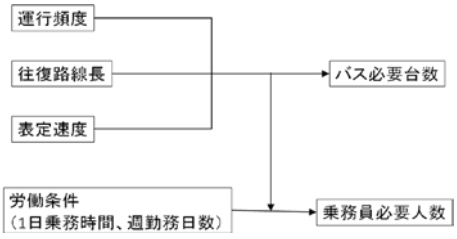

図-1 バス必要台数と乗務員必要人数の算定方法

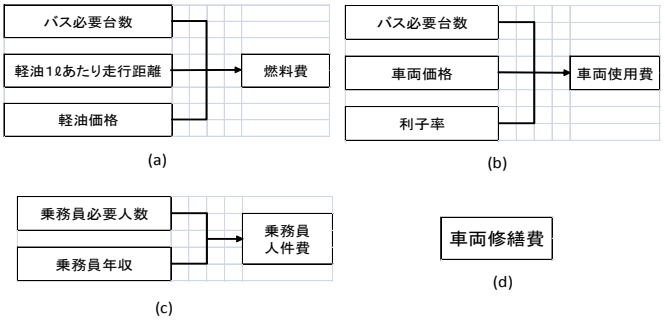

図-2 各運行費用項目の算定方法

ａ）バス必要台数および乗務員必要人数

ピーク時においてバスが不足しないことが条件となることから，バス必要台数の算定にあたっては，ピーク時を対象とする．ただし，ピーク時が路線によって異なる場合には，他の路線の遊休バスを活用することも可能となるが，ここでは遊休バスの転用はないものと仮定する．

ピーク時のバスの必要台数(n)は，ピーク１時間に必要となるバスの延べ走行台キロ（(1)式の分子）を，バスの表定速度((1)式の分母)で除した値で与えられるが，バス必要台数(n)は整数であることから，これを表したものが(1)式である．実際には(1)式より求まる必要台数に加えて予備車両を準備するが，くるくるバスの場合既存事業者であったため，新たに予備車両を準備する必要がなかったことから，ここでは考慮しないものとする．また，(1)式の導出に当たっては，バスの運行間隔は，便宜上，等時間間隔であると仮定した方が分かりやすいが，実際の運行ダイヤの設定においては，使用バス台数による制約はあるものの，必ずしも厳格に等時間間隔である必要はない．

$$n \geq \frac{L \cdot f}{v} > n-1 \qquad (1)$$

ここで，　n：バスの投入台数(台)
f：ピーク時の運行頻度（一方向の便数）(本/h)
L：往復の路線長(km)
v：ピーク時のバスの表定速度(km/h)

乗務員の必要人数は，バスの１週間の延べ運行時間（(2)式の分子）を，乗務員１人の１週間の乗務時間（ハンドル時間，(2)式の分母）で除した値である．これを乗務員の必要人数(m)が整数であることを考慮して表したものが(2)式である．

$$m \geq \frac{7 \cdot A \cdot L/\bar{v}}{b\ d} > m-1 \qquad (2)$$

ここで，m：乗務員の必要人数（人）
A：１日の便数(一方向の便数)(便)
$\bar{v}$：1 日の平均表定速度(km/h)
b：１乗務員の１日の乗務時間(ハンドル時間)(h)
d：１乗務員の１週間の勤務日数(日)

b）乗務員人件費

乗務員の人件費（C_p）は，（2）式で求めた乗務員の必要人数（m）に乗務員の年収を掛け，これを１日分に換算したものである．

$$c_p = \frac{m \cdot w}{365} \qquad (3)$$

ここで，C_p：乗務員人件費（円／日）
m：乗務員の必要人数（人）
W：乗務員１人あたりの年収（円）

c）燃料費

燃料費（C_o）はバスの１日の延べ運行距離を軽油 1 リットルあたり走行距離で除し，軽油価格を乗じたものである．

$$c_o = \frac{A \cdot L \cdot p_o}{e} \qquad (4)$$

ここで，C_o：燃料費（円/日）
p_o：軽油価格（円/l）
e：軽油 1ﾘｯﾄﾙあたり走行距離（km/l）

d）車両使用費

車両使用費（C_r）は，車両購入額を車両の耐用年数の期間にわたってローン返済したときの毎年の返済額を１日分に換算し，これにバスの台数を掛けたものである．

$$c_r = \left(r_v / 365 \right) \times n \qquad (5)$$

ここで，C_r：車両使用費（円/日）
r_V：車両価格 P_Vを車両耐用年数 q に渡って利子率 i で返済する場合の等額返済価格（円/年）

e）車両修繕費

修繕費（C_k）は，年間の車両修繕費 C_{year} を１日分に換算し，これにバス台数を掛けたものである．

$$c_k = \left(C_{year} / 365 \right) \times n \qquad (6)$$

ここで，C_k：修繕費（円/日），
C_{year}：バス１台の年間修繕費（円/年）

以上の(3)式～(6)式の合計が，１日１路線において必要となるバス運行費用である．

4．住吉台くるくるバスの費用構造

（1）住吉台くるくるバスの概要

住吉台は神戸市東灘区に属し，図-1 に示すように JR 住吉駅の北･約 4km の高台に位置し，高低差は JR 住吉駅から約 250 m程度で，住吉台地域内だけをとっても約 100m の高低差がある．また，人口は約 3,900 人（2005 年国勢調査）である．バスの路線図は，図-3 に示すとおりであり JR 住吉駅と住吉台の終点バス停とを片道約 20 分で結んでいる．バス停は 9 箇所あり，うち 6 か所が住吉台地域内に集中している．住吉台くるくるバスが 2005 年１月に本格運行する以前は市バスのみであった．市バスとくるくるバスのルートとは重なっている部分も多いが，市バスは住吉台地域を通ってはいない．

図-3 住吉台地域およびバスの路線図

運行開始から 4 年間以上を経過した現在のバス利用者数は１日約 900 人で安定的に推移している．なお，バス運行費用の算定にあたって必要となる住吉台くるくるバスの諸属性を表-2 に示す．

表-2 住吉台くるくるバスの諸属性

属性	値
ピーク時の運行頻度（一方向の便数）：f	4（本）
往復路線長：L	8.3（km）
ピーク時の表定速度：v	12（km/h）
1 日の平均表定速度（*1）：$\bar{v}$	12（km/h）
1 日の便数（一方向の便数）：A	55.5（便）
乗務員の 1 日の乗務時間（ハンドル時間）（*2）：b	7（h/人）
乗務員の 1 週間の勤務日数：d	5（日/人）
乗務員 1 人あたりの年収（*3）：W	4,200,000（円）
軽油価格（*4）：p_o	100（円/L）
軽油 1ﾘｯﾄﾙあたり走行距離（*5）：e	4（km/L）
車両価格（*6）：p_v	15,000,000（円）
車両耐用年数（*7）：q	10（年）
利子率：i	3（%）
年間車両修繕費（*5）：C_{year}	700,000（円/年）

（注）（*1）ピーク時における道路混雑は少ないことから，ピーク時評表定速度と１日平均速度は一致するものと仮定した，（*2）みなと観光バス社へのインタビュー（平均勤務時間 10 時間程度（含む残業），平均乗車時間（ハンドル時間）7 時間程度という回答を得た），（*3）データが得られなかったためここでは年収ラボ HP（http://nensyu-labo.com/）に掲載の民間バスの平均年収を用いた，（*4）東京都トラック協会調べ（H21.1.20），（*5）みなと観光バス社へのインタビュー，（*6）日野ポンチョ HP（http://www.hino.co.jp/poncho/index.html），（*7）バスルーム HP（http://sakura.canvas.ne.jp/spr/bus_room/index.htm）

（2）運行費用の推計結果

運行費用を推計した結果，バスの投入台数は3台，乗務員数は8人となった．バス台数は現行の運行体制と一致しており，乗務員数は他の路線との関係もあり厳密に判断することは難しいがほぼ一致している．これをもとに，さらに項目別費用を推定した結果，以下の通りとなった．

乗務員人件費：C_p = 92,055(円) (76%)
燃料費：C_o = 11,516(円) (9%)
車両使用費：C_r = 12,329(円) (10%)
車両修繕費：C_k = 5,753(円) (5%)
合　計　C = 121,653 (円) (100%)

1日の運行費用は約 12 万円/日である．乗務員人件費の割合は 76%であり高い比率を占めている．ただし，この推計結果には，施設利用料，保険料，一般管理費などが含まれていないこと，また，みなと観光バスの乗務員年収の実績値が得られなかったため，民間バス事業の平均値を用いたこと，などによる誤差が含まれていることに留意する必要がある．

（3）バス運行費用の感度分析

ここでの感度分析は，費用のみを対象としたものであり，採算性の検討を目的としてはいない．ただし，参考値として，分析結果の図（図―4～図―7）において，点線によって現行の収入（1日利用者数 900 人，運賃 200 円を仮定し 18 万円/日と設定）を示している．しかし，これはバス需要を現行値に固定した場合であり，実際にはバスのサービス水準（往復路線長，頻度，表定速度など）の変化によってバス需要が変化し収入も変化する点に留意する必要がある．

また，感度分析にあたっては，便宜上，往復路線長は 0.1km ごと，運行頻度は 0.1 本/時間ごと，乗務員給与 10 万円/年ごと，表定速度は 0.1km/h ごとにケースを設定して運行費用を試算している．以下の図―4～図―8はこれらのケースごとの試算結果を直線で結んだものである．したがって，往復路線長，運行頻度，乗務員給与，表定速度が連続的に変化した場合の結果とは若干異なっているので図の解釈に当たっては留意する必要がある．

a）往復路線長と運行費用の関係

住吉台くるくるバスの場合，往復路線長が約 8km であるが，もし，仮に住吉台地域と JR 住吉駅との距離が変化した場合，あるいは，現在と同じ位置であったとしても，バスルートが住吉台以外の地域を迂回したことによって往復路線長が長くなった場合についての運行費用を試算した．この結果を図-4 に示す．往復路線長 1km の増加によって平均的には約 1.2 万円費用が増加する傾向にある．

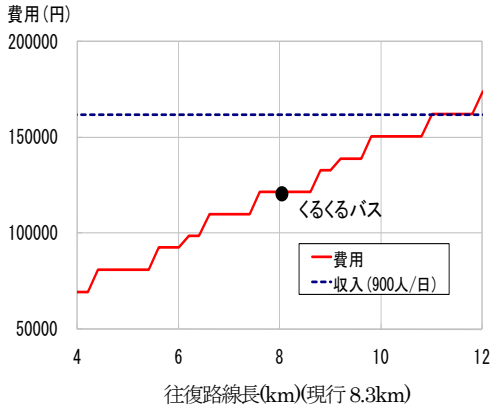

図-4 往復路線長と運行費用の関係

図-4 をみると往復路線長の増加によって費用が階段状に増加している．これは往復路線長の増加によって，バスの投入台数や乗務員数が整数値として離散的に増加するためである．バス1台の増加に対して 6,100（円/日）（＝約 220 万円/年），乗務員1人の増加に対して 11,500（円/日）（＝約 420 万円/年）の運行費用の増加が生じている．両方が同時に増加する場合には 17,600（円/日）（＝約 640 万円）となり大きく費用が増加する．このようなバスや乗務員の増加に伴う不連続な運行費用増加の影響は無視できない．バスルートの設計にあたっては，費用増加に見合う収入増加が見込めない場合には，費用増加の手前で路線長を留めておく方が費用節約になることがわかる．

b）運行頻度と運行費用の関係

運行頻度を現行の 4 本/時間から変化させた場合の運行費用の変化を示したものが図-5 である．運行本数1本の増加に対して，平均的には約 3 万円の費用増加を示している．なお，階段状に運行費用が増大している要因は，往復路線長の場合と同じである．

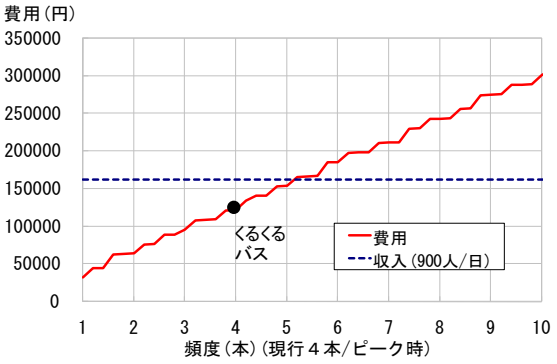

図-5 運行頻度と運行費用の関係

c）乗務員給与と運行費用の関係

仮定した乗務員年収 420 万円を変化させた場合の運行費の変化を示したものが図-6 である．

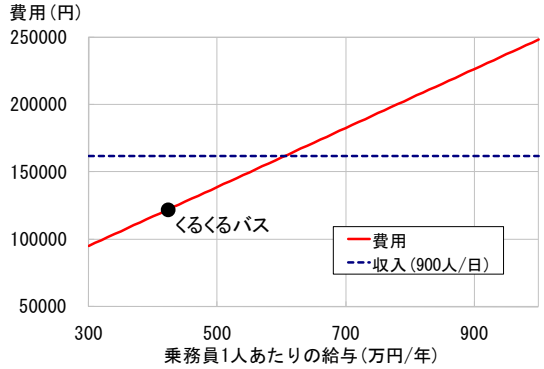

図-6 乗務員給与と運行費用の関係

このケースでは乗務員人件費が連続的に増加するため，上述の２つのケースとは異なり，費用が直線的に変化することになる．図から，年収 100 万円増加に対して運行費用が約 2.5 万円/日増加することが読み取れる．

d）表定速度と運行費用の関係

図-7 は表定速度と運行費用の関係を示したものである．道路混雑によって表定速度が低下した場合には，より多くの乗務員やバス車両が必要となり運行費用は増加することになる．くるくるバスの場合の表定速度は 12km/h であり収益がプラスとなっている．表定速度が 5km/ h と 12km/h との間で，速度低下に伴う運行費の上昇額を試算すると，速度が 1km/h 低下することによって，費用は約 2 万円増加することがわかる．

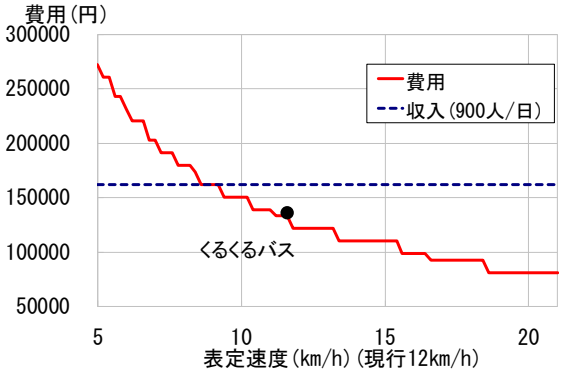

図-7　表定速度と運行費用の関係

e）表定速度・往復路線長と運行費用の関係

図-8 は運行頻度（縦軸）と往復路線長（横軸）の座標軸上に，等運行費用曲線を描いたものである．この図は，バスの利用客数や旅客収入を与件とした場合，運行ルートの路線長と運行頻度がトレードオフの関係であることを示している．また，等運行費用曲線は，旅客収入を与件とした場合において，赤字にならずに提供することのできるバスサービスの組み合わせを示しており，このような情報は，利用者が自分たちにとって望ましいサービス条件を選択する場合や，バス事業者がサービス条件を設計する場合において有用であると考えられる．

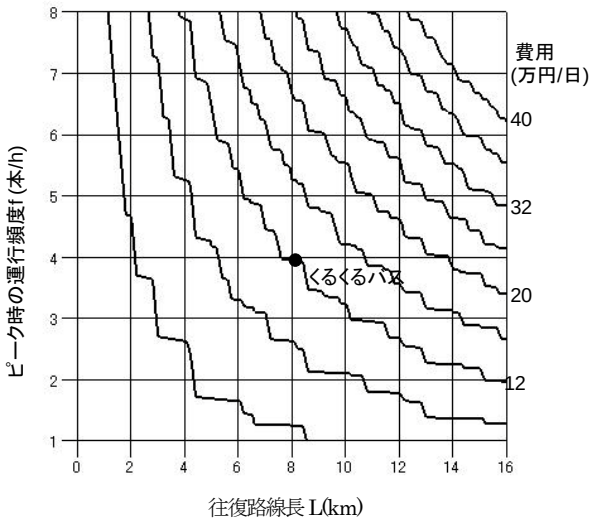

図-8　運行頻度・往復路線長と運行費用の関係

5．おわりに

本研究では，バスの運行にかかる費用項目および影響要因を整理しバス運行費用の簡便な算定式を提案した．ただし，推計式の使用にあたっては，1)一般管理費が含まれていないこと，2)バスの予備車両が考慮されていないこと，などに留意することが必要である．

推計式を用いて住吉台くるくるバスの費用の推計および感度分析を行った結果として，路線長，運行頻度，乗務員給与が運賃収入以内に収まるようにマネジメントされていることがわかった．特に，この感度分析によって，JR 住吉駅と住吉台地域との距離が約 4km であり，往復路線長が約 8km と比較的短かったことが，くるくるバスが費用を抑制できたひとつの大きな要因であることが分かった．

今回の分析では，需要面すなわち収入面からの分析は行っていないが，住吉台くるくるバスが十分なバス利用者を確保できた要因としては，1)片道 4km という路線長であったことから終点の JR 住吉駅まで 20 分という短時間での移動が可能であり，バスの遅れも少なくバスの利便性が高かったこと，2)住吉台地域を含む路線全体が傾斜地の中にあったことから，自転車やバイクなどのバスの競合となる交通手段に需要を奪われることがなかったこと，3)住吉台地域に人口約 4,000 人が集中していることから潜在的に大きな需要が見込めたこと，4)競合相手の市バスの運行本数と同程度の運行本数（1 時間に 4 本）を確保したたこと，5)住民とのコミュニケーションを通じて住民に配慮したきめ細かなバスサービスが提供

できたこと，などが考えられる．これらについての検証は今後の課題としたい．

最後に，本研究にあたっては，みなと観光バス株式会社・社長の松本浩之氏には複数回にわたるインタビューに快く応じて頂いた．また，「くるくるバスを守る会」のメンバーの方々からもさまざまなご協力を頂いている．ここに記して深甚なる感謝の意を表する次第である．

参考文献

1) 竹内龍介：コミュニティバス，生活支援の地域公共交通（秋山哲男ほか編著），4 章，学芸出版社，2009
2) 土木学会土木計画学研究委員会・規制緩和後におけるバスサービスに関する研究小委員会：バスサービスハンドブック，土木学会，pp. 225-257，2006
3) 加藤博和，福本雅之：地方部における幹線路線バス再生方策検討に関する基礎的研究，土木計画学研究講演集，No. 36，2007 （CD-ROM）
4) 森栗茂一：くるくるバスがもたらした持続可能なオールドニュータウン―住吉台くるくるバスの開通とその後―，交通工学，Vol. 42，No. 7，2007
5) 松本浩之：くるくるバスの取り組みとソーシャルエンタープライズ（社会的企業）の役割，都市政策，No. 132，pp. 55-68，2008
6) 土木学会土木計画学研究委員会・規制緩和後におけるバスサービスに関する研究小委員会：前掲書，p. 225，2006

住吉台くるくるバスの費用構造に関する分析*

冨田安夫**，石原駿佑***・岩本浩気****

わが国では東京都武蔵野市のムーバス（1995 年開始）以降，多くのコミュニティバスが運行されてきているが，その多くは行政からの補助金に大きく依存しており，行政の財政事情の逼迫に伴って補助金の削減が行われた場合には，多くのコミュニティバスが廃止に追い込まれている．本研究では，行政からの補助金にも企業の援助金にも依存せず運行しているコミュニティバスの事例である住吉台くるくるバス（神戸市東灘区）を対象として，その費用構造についての分析を行った．分析にあたっては，乗務員人件費，燃料費，車両使用料などの費用項目を考慮したバス運行費用の算定式を提案した．この算定式を用いて，各費用要因に関する感度分析を行ったところ，バス運行ルートの長さが 8km であったことが，ひとつの大きな費用抑制要因であることがわかった．

Operation Cost Analysis of “Sumiyoshidai Kurukuru Bus” *

Yasuo Tomita**, Syunsuke Ishihara*** and Kouki Iwamoto****

In Japan, many community bus systems have already been tried after the community bus in Musashino-city, called “Mu-Bus” was operated in 1995. Most of these services depend on subsidies from the local municiparities and many of them have now be forced to discontinue due to budget cuts of the subsidizing local government. As a case study of a successful operation of a community bus system, the cost analysis of Sumiyoshidai Kurukuru Bus system in Kobe, which is operated without public subsidy, has been performed. In the cost analysis, formulas for estimating various costs, which are applicable to other bus services, are proposed. From the cost analysis and sensitivity analysis of Kurukuru Bas, the reasons for its success have been found to be its relatively short service length of eight kilometers .