

## BIKE-BUS: 自転車とバスの組合せシステムの提案

05001357 工学院大学 チュ ヤシン CHU Yashin  
01701810 工学院大学 八戸 英夫 YAE Hideo

### 1. はじめに

モータリゼーションは道路の交通渋滞、排出ガスによる大気汚染、騒音、振動及び公害や地球温暖化などの環境問題を発生させ、自転車、バス、鉄道などのエコ交通手段の利便性の向上による利用促進が必要である。しかし、公共交通手段は自由度が高い交通手段ではなく、「ラストワンマイル」問題がある。

「ラストワンマイル」問題は、鉄道駅、バス停、船着き場などの交通結節点で乗り換え移動の困難を指す。単に物理的な距離を指すのではない。

これまでに、国内外に公共交通手段利用の促進を目的とする自転車搭載バスや電車については先行事例が多くある。しかし、搭載台数、乗降車時間、車内空間などの課題が残されている。

BIKE-BUS システムの提案は、バス利用の促進と「ラストワンマイル」問題の解決を目的として自転車とバスの組合せ自動システムを提案する。また、バス構造はバスの後部に自転車を自動搭載する。このことにより、モータリゼーションの問題と「ラストワンマイル」問題の解消を試みる。

### 2. 先行事例について

国内で自転車を車両前面のラックに積載するバスと車内専用留め具で固定するバスは 15 件、自転車を電車の指定車両や区域内に自由に持ち込めるサイクルトレインは 10 件以上と多くの事例がある。しかし、自転車積載バスは、乗降車時間がかかることと車内空間を占めるなどの問題がある。したがって、自転車搭載の利便性向上が必要である。

### 3. BIKE-BUS システムとは

BIKE-BUS システムは、前部乗客区域と後部自転車搭載区域を明確に分ける構造とする。自転車を車両後部に自動搭載する。これを BIKE-BUS システム 3DCG にしたものを図 1 に示す。

図 1 では、車両後部の自転車ラックは二段階構造として車内空間を活用し、積載できる台数が 6 台としている。乗客は車両前部に乗車し、自転車を後部車両に積載することにより、乗客の邪魔にならず、安全な乗車環境にした。

図 2 にバス停の自動駐輪ラックを示す。自動駐輪ラックは、バス停に設置し、ここに停めた自転車は、自動で

バス後部車両に留められ、乗客は自転車を搭載することなく乗車する。

安全性について、図 3 に示すように、自動駐輪ラックの両側にフェンスを設置する。その設置より、自転車ラックの区域を明確にし、通行人の注意を引き、ラックで転倒を防止できる。さらに、屋根付きのフェンス設置で限定的に急な雨、雪などの悪天候に対処できる。



図 1 BIKE-BUS システム 3D CG

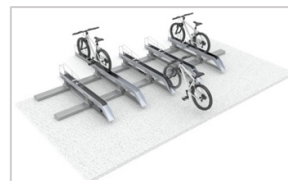


図 2 バス停の自転車ラック

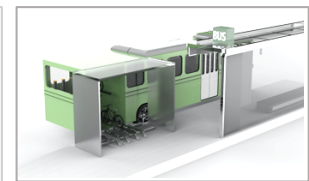


図 3 自転車ラックの両側にフェンスを設置する

### 4. BIKE-BUS の自転車搭載台数について

#### 4.1 BIKE-BUS の自転車搭載台数の定義

本稿では、通勤路線バスにおいて、自転車を車両後部に搭載するシステムの構築を目指し、BIKE-BUS の自転車搭載台数を定義する。

BIKE-BUS の自転車搭載台数とは、乗客定員が適正範囲内であり、バス室内の全高範囲内であり、かつ、後部自転車搭載区域の長さが適正範囲内であるという制約条件下で、最大自転車搭載台数である。

本稿では、バスの寸法は現実の某社のバス寸法を参照する。そのため、バスの内部構造や座席配列を改造するだけでコスト削減ができる。また、現実のバス寸法は法律に合うので、運行できる道路に制限がない。

#### 4.2 BIKE-BUS の自転車搭載台数決定

##### a) 制約条件

##### ① 乗車定員の制限

2020 年 4 月 1 日時点で、現実のあるバス会社の車両台帳に記載されている 1513 台のバスの平均定員は 75 人である。このことから、BIKE-BUS の乗車定員は 75 人以上とする。

ただ、現状の大型ラッシュ型バスの定員は 89 人であるが、車両内全部座席を改造すると費用が高くなるので、車両の階段状に高くなる後部だけを改造している。また、乗客を増やすため、BIKE-BUS は車両後部の座席を 1 人掛けとして立席面積を確保する取り組みをしている。

保安基準で立席定員は、立席面積の合計を  $0.14\text{m}^2$  で除いて得た整数値である。BIKE-BUS の乗車定員は 75 人以上にするので、計算により、バス前部定員は 63 人、車両後部定員は 12 人以上になる。図 4 に簡略した一列の 1 人掛け座席と通路の寸法を示す。車両後部 1 人掛け座席の間の通路幅は  $1,010\text{mm}$  であり、平均長さは  $770\text{mm}$  である。一列の 1 人掛け座席間の通路面積は  $777,700\text{mm}^2$  とする ( $1,010\text{mm} \times 770\text{mm} = 777,700\text{mm}^2$ )。一列の 1 人掛け座席間の通路立席面積は 5 人になる ( $777,700\text{mm}^2 / 140,000\text{mm}^2 = 5.555$ )。一列の 1 人掛け座席を増加すれば、定員 7 人 (座席定員 2 人と立席定員 5 人) を増やす。

以上のことにより、 $N$  を BIKE-BUS の乗車定員 (人)、 $N_1$  を BIKE-BUS の前部乗車定員 (人)、 $N_2$  を BIKE-BUS の後部乗車定員 (人)、 $P$  を BIKE-BUS の後部座席列数としたとき、(1) 式の制約式が成り立つ。ただし、 $N \geq 75$ 、 $N_1 = 63$  とする。

$$N = N_1 + N_2 = N_1 + 7P \quad \dots(1)$$

計算により、 $P \geq 2$  で、BIKE-BUS の乗車定員は 75 人以上にすれば、後部座席列数は 2 列以上となる。

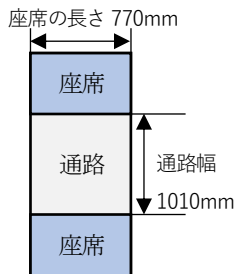


表 1 機械式駐輪場自転車サイズ制限項目

項目	規格寸法
全幅	580mm 以下
全長	1,850mm 以下
全高	1,200mm 以下

図 4 簡略した一列の 1 人掛け座席と通路の寸法

後部座席列数は 2 列以上となると、後部座席の全長が  $1540\text{mm}$  ( $770\text{mm} \times 2 = 1540\text{mm}$ ) 以上とする。車両の階段状に高くなる後部全長は  $3615\text{mm}$  である。後部自転車搭載区域全長は  $2075\text{mm}$  ( $3615\text{mm} - 1540\text{mm} = 2075\text{mm}$ ) 以下とする。

以上のことにより、 $X$  を後部自転車搭載区域全長 (mm)、 $R$  を後部自転車の列数 (列)、 $B$  を自転車の全幅 (mm)、 $K$  を自転車間の間隔 (mm) としたとき、(2) 式の制約式が成り立つ。ただし、 $X \leq 2075$ 、 $B = 580$ 、 $K = 30$  とする。

$$X = RB + K(R+1) \quad \dots(2)$$

計算により、 $R \leq 3$  で、自転車列数は 3 列以下とする。

## ② 全高の制限

機械式駐輪場は自転車サイズに制限がある。詳細制限項目は表 1 に示す。BIKE-BUS 後部自転車搭載区域は二段機械式自転車ラックを用いるため、機械式駐輪の自転車規格寸法を参照する。

表 1 に示すように、自転車全高は  $1,200\text{mm}$  以下とし、BIKE-BUS は自転車を二段ラックに搭載するので、 $2,400\text{mm}$  以上の室内全高が必要である。また、大型ラッシュ型バスのバス室内全高  $2,405\text{mm}$  とする。以上のことにより、二段の自転車の全高  $h$  (mm) は、BIKE-BUS の室内全高  $H$  (mm) から (3) 式で表すことができる。

$$2,400 \leq h \leq H(2,405) \quad \dots(3)$$

## ③ 後部自転車搭載区域長さの制限

自転車搭載区域はホイール部分を避け、後輪の後部に設置する。その後部自転車搭載区域長さは、バス寸法の制約から  $1,990\text{mm}$  以下とする。(2) 式の制約式が成り立つ。ただし、 $X \leq 1990$ 、 $B = 580$ 、 $K = 30$  とする。

$$X = RB + K(R+1) \quad \dots(2)$$

計算により、 $R \leq 3$  で、自転車列数は 3 列以下とする。

## b) 自転車台数の最大化

BIKE-BUS システム 3DCG にしたものを図 1 に示すが、自転車を車両後部の二段ラックに搭載し、一列に二台の自転車がある。最大自転車台数を求める。 $R$  を自転車列数 (列)、 $M$  を毎列の自転車台数 (台) としたとき、目的関数は (4) 式と同値である。ただし、 $M = 2$  とする。

$$F(R) = MR \rightarrow \text{最大化} \quad \dots(4)$$

## c) BIKE-BUS の自転車搭載台数

BIKE-BUS の自転車搭載台数は、乗客定員が適正範囲内 (75 人以上) であり、バス室内の全高範囲 ( $2405\text{mm}$  以下) 内であり、かつ、後部自転車搭載区域の全長が適正範囲内 ( $1,990\text{mm}$  以下) であるという制約条件下で、最大自転車搭載台数である。以上のことより、目的関数は  $F(R) = MR \rightarrow \text{最大化}$ 、制限条件は  $R \leq 3$  とする。計算により、 $R = 3$  で、BIKE-BUS の最大自転車列数は 3 列とし、最大自転車数は 6 台とする。

## 5 おわりに

本研究では、BIKE-BUS システムを構築した。後部 BIKE-BUS の自転車搭載台数を求めた。今後、BIKE-BUS システムには、他の制約条件を考慮し、最適構造についての研究が求められる。

## 参考文献

[1] 川越敬介、浅野光行 (2009) : 「サイクルトレインの利用特性と今後の普及に向けた一考察～上毛電気鉄道の取り組みに着手して～」, 土木計画学研究・講演集