

# 先進電動デマンドバスのプロジェクト

交通システム研究領域  
林田 守正

# 発表の内容

- 1 先進電動マイクロバス  
交通システムプロジェクトについて
- 2 先進デマンドバスシステムの内容について
- 3 実証試験について
  - 3 - 1 システムの機能
  - 3 - 2 利便性の評価
- 4 需要予測について
- 5 まとめ

# 先進電動マイクロバス交通システムモデル事業の目的

乗用車から路線バスへの旅客輸送転換、集約による省エネルギー効果の最大化

最新の電動車両技術を活用した「先進電動マイクロバス車両システム」の導入  
バス車両自体のエネルギー効率の大幅向上、乗車環境改善による利用促進

最新のITS技術を活用した「先進デマンドバス運行システム」の導入  
需要の少ない地域でもキメ細かで柔軟な運行によるバス利用促進

を同時並行で研究開発を行って「先進電動マイクロバス交通システム」  
を構築し、埼玉県本庄市をモデル地区として実証試験を行う。

## 背景

- 多くの中小都市地域では、マイカー依存が過度に進んでエネルギー消費量が増大し、交通環境も悪化している。
- バス利用者は長期にわたって減少傾向にあり、本来の特長を活かせず、路線廃止により交通弱者の移動手段が失われるケースも数多い。

## 主な検証項目

省エネルギー効果

マイカーからバスへのシフト効果

利便性

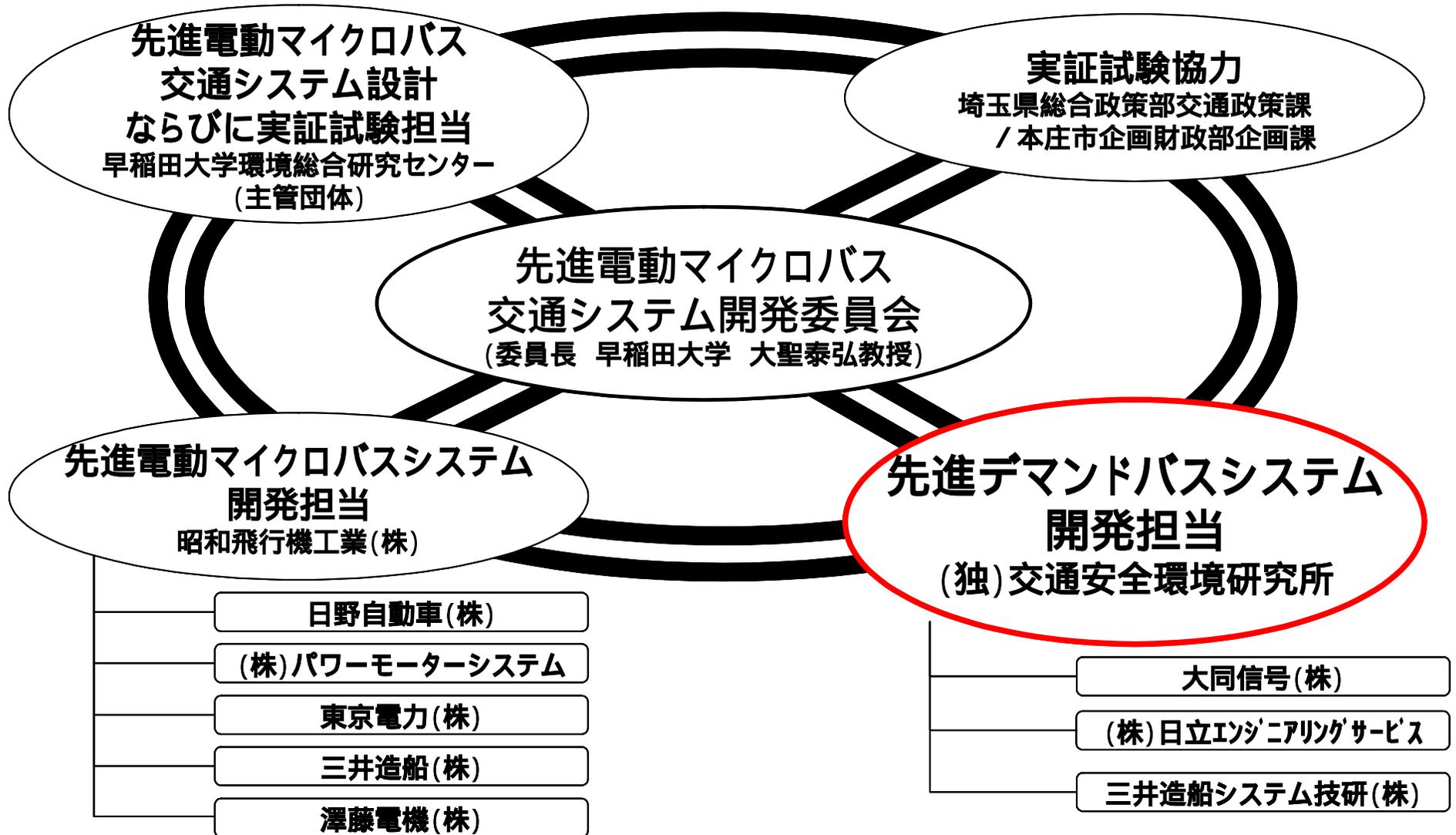
乗車環境改善効果

周囲環境改善効果

費用対効果

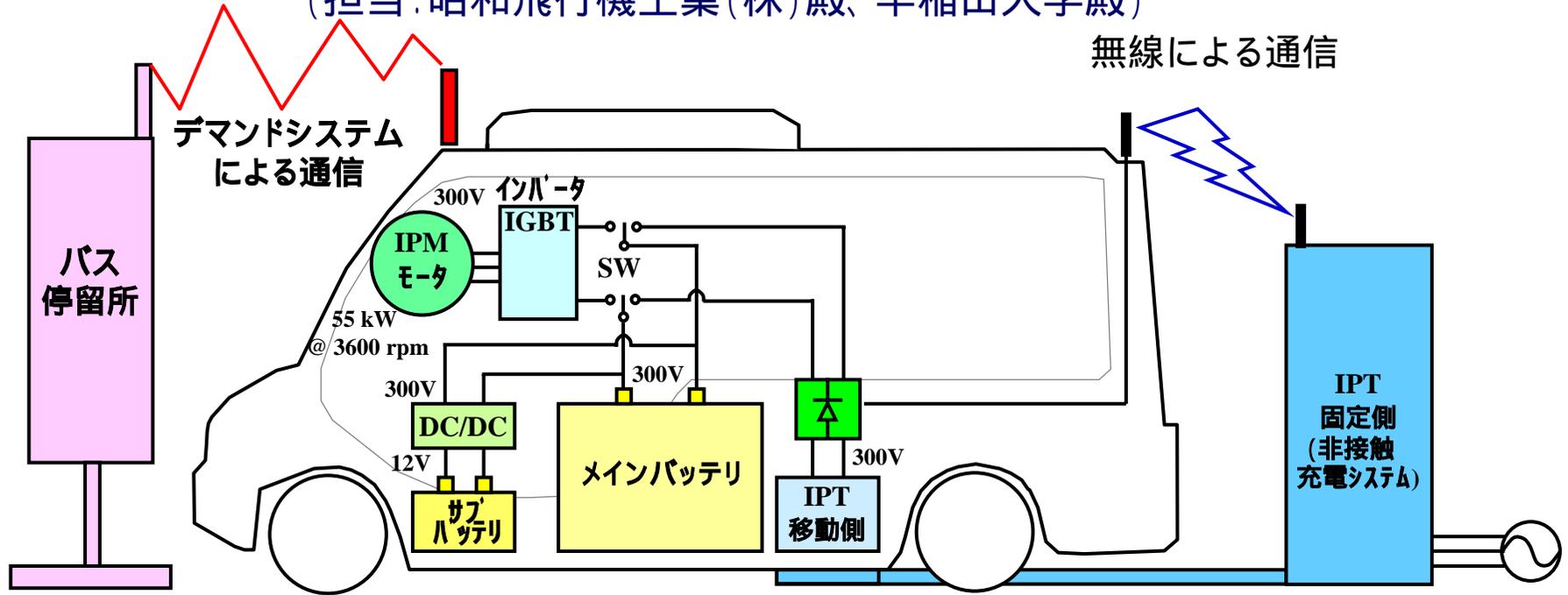
波及効果等

# 先進電動マイクロバス交通システムモデル事業の全体実施体制



# 先進電動バス車両の構成

(担当: 昭和飛行機工業(株) 殿、早稲田大学 殿)



## ～ 車両諸元と性能 ～

- ・車両寸法...全長:5.8m 車幅:2.0m 車高:2.8m
- ・車両重量:3,175kgf(1号機) 3,000kgf(2号機)
- ・座席定員:11名(車椅子1名分)
- ・最高速度:50km/h
- ・モータ 形式:水冷永久磁石式同期モータ 最高出力:50 kW
- ・バッテリー 形式:金属食塩電池 容量:18.9kWh
- ・非接触給電装置 30kW(1号機のみ)
- ・補助電源 スーパーキャパシタ(1号機) リチウムイオン電池(2号機)

# デマンドバスシステムの形態と本プロジェクトのねらい

## (1) 導入地域

- ・需要が極めて少ない山間部等の過疎地
- ・マイカー利用が一般的な地域部の都市 ……(本プロジェクト)
- ・大都市近郊の住宅地(最寄り駅への足)
- ・臨海地区、工業地区等(時間帯や曜日毎の需要変動が極めて大)
- ・大都市の都心部(渋谷・代官山等)

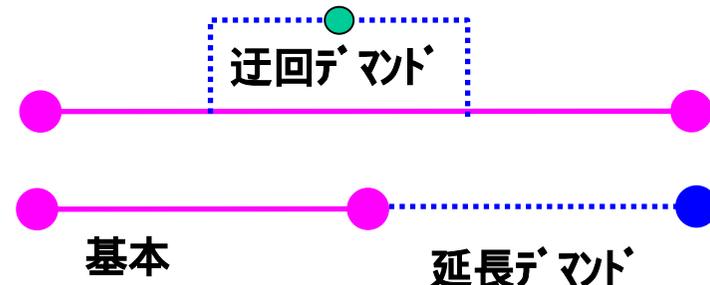


## (2) 主な乗客層

- ・高齢者、年少者、免許不保持者等のマイカーを利用できない人々(交通手段確保)
- ・特定の事業所や施設を目的地とする人々
- ・マイカー所有者も含めたあらゆる人々(エネルギー消費、都市環境悪化等の低減)  
利便性が高いことが必須 ……(本プロジェクト)

## (3) 地理的な形態

- ・固定部分 + デマンド迂回部分 ……(本プロジェクト)
- ・固定部分 + デマンド延長部分(山間部等)
- ・全線デマンド対象
- ・経路自由型(中村まちバス等)



## (4) 時間的な形態

- ・基本ダイヤ有り。利用者はそれに沿ってデマンド…(本プロジェクト)
- ・ダイヤ無し、デマンドがあった時のみ運行する(同上)

## (5) デマンド方法

- ・電話(最も馴染み深い、手作業に頼る)
- ・FAX(記録が残る)
- ・押しボタン(操作簡単、バス停に設置)
- ・専用端末(公共施設等に設置)
- ・インターネット(高齢者には馴染めない方も?)
- ・携帯画面(iモード等、同上)…(本プロジェクト)



## (6) デマンドの締切刻限

- ・前日まで(利用者サイドは不便、事業者は翌日の運行計画を立てやすい)
- ・始発時刻等の定刻の30分位前まで(急な利用には対応不可、事業者は電話対応も可)
- ・直前の固定停留所発車前まで(情報処理の自動化が前提)…(本プロジェクト)

## (7) その他

- ・基本路線に対するデマンド部分の比率(距離、本数、地域路線数)
- ・デマンドシステムの規模(構成、処理能力、コスト等)

# 発表の内容

- 1 先進電動マイクロバス  
交通システムプロジェクトについて
- 2 先進デマンドバスシステムの内容について
- 3 実証試験について
  - 3 - 1 システムの機能
  - 3 - 2 利便性の評価
- 4 GISを活用した需要予測について
- 5 まとめ

# 先進デマンドバスシステムの主要項目と機能

## (1) GPSによる位置検知と特定小電力無線通信による情報伝送を利用したバス運転指令システム

- ・利用者は、乗車希望（デマンド）を携帯電話の画面操作で運行管理センタに発信。
- ・運行管理センタはバスの位置や乗降希望等を把握し、運転者に適切な指令。
- ・運転者や乗客に、最適経路、到着予定時刻、使用電力等の情報を提供。

## (2) 最適経路の選択と省エネルギー効果等の定量的評価を短時間でできる走行シミュレーションシステム

- ・デマンド地区における既存の交通流を再現し新設バスの走行をシミュレーション計算。
- ・バス配車の最適経路を決定し、系統変更や到着予定時刻を運転者や利用者へ配信。
- ・走行に伴う電力出入、エネルギー消費量を計算し、経路選定や省エネルギー評価に活用。

## (3) 地理情報システム(GIS)を活用したバス運行経路の利便性評価、需要予測

- ・地図上の任意地点を指定して経路や停留所を自由に設定し、面的な充実度を数値評価。
- ・経路充実度と運行頻度に基づく利便性、沿線人口、集客施設情報から利用者数を予測。
- ・本事業で提案する交通システムが導入可能と考えられる、他の候補地を検討。

**柔軟性が高く合理的なバス運行システムを構築し、最少の車両、設備で利便性の高い公共交通システムを提案する。**



# バス運転指令システム 車載装置の構成

乗客向け情報表示モニタ



運転手向け  
情報表示器



FMアンテナ



GPS受信機

- ・自己位置検知
- ・到着 / 出発検知



車上処理装置



CAN

GPSアンテナ



特定小電力  
無線機

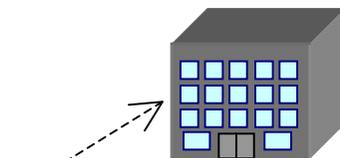


特定小電力  
無線通信  
(BS接近時)

携帯電話網  
無線通信  
(BS接近時)

バス停併設  
基地局

運転管理  
センタ



DC-ACインバータ  
(12V 100V)



# 走行シミュレーション・省エネルギー評価

## 1. 走行シミュレーションの範囲設定

- ・モデル地区にシミュレーション領域を生成し、基本運行経路とデマンド経路、バス停を設定。
- ・既存の一般車交通流を再現

## 2. シミュレーションの実行

- ・交通流に乗ったデマンドバスの加速減速状況を視覚的に再現。
- ・車両の平均速度、走行時間、走行距離、走行台数、エネルギー消費量等を計算し、グラフ化。

## 3. 運転指令システムとの連携

- ・バス実走行時の運行スケジュールを管理し、車両の現在位置をセンタで把握。



(本庄駅南口交差点信号の再現)

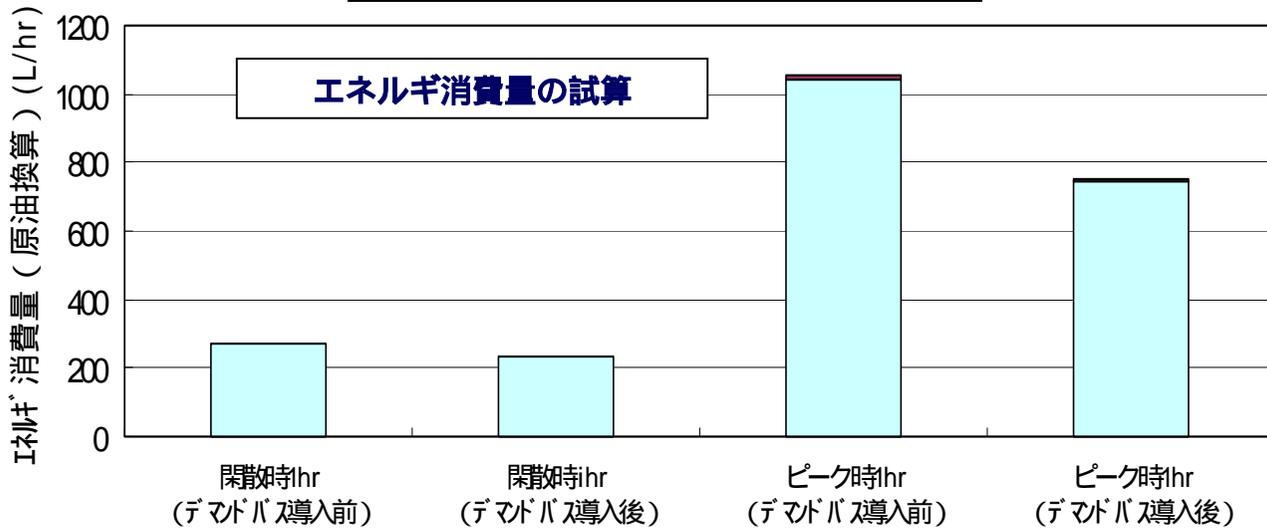
# モデル地区における走行シミュレーション、省エネルギー評価の実施例



評価区間	平均車速 (km/h)	乗用車通行台数 (台/hr)	大型車通行台数 (台/hr)	乗用車 CO <sub>2</sub> 排出量 (kg/hr)
A	27.5	193	45	75.1
B	28.4	391	112	144.0
C	24.9	102	21	22.8
D	32.7	142	34	35.7
E	-	-	-	76.4
F	25.1	366	123	160.1
G	21.8	26	2	15.4
H	34.0	246	57	53.0
I	29.0	361	80	87.7
J	33.9	141	34	35.2
K	33.7	56	7	12.6
合計	-	2375	618	718.1

交通状況等のシミュレーション計算

□ 乗用車 ■ 既存ディーゼルバス □ 先進電動デマンドバス



12時間当たりのエネルギー消費量削減率は約23%

- 仮定条件
- ・ 自家用車の通行台数
  - ・ 乗用車利用者のバス転換率
  - ・ 既存 / デマンドバスの運行本数
  - ・ その他

# 発表の内容

- 1 先進電動マイクロバス  
交通システムプロジェクトについて
- 2 先進デマンドバスシステムの内容について
- 3 実証試験について
  - 3 - 1 システムの機能
  - 3 - 2 利便性の評価
- 4 GISを活用した需要予測について
- 5 まとめ

# 先進電動マイクロバス交通システム 実証試験について

## (1) 第1次実証試験

- 日程：平成17年11月21日～25日
- バス車両：1台使用
- 片方向の繰り返し運行

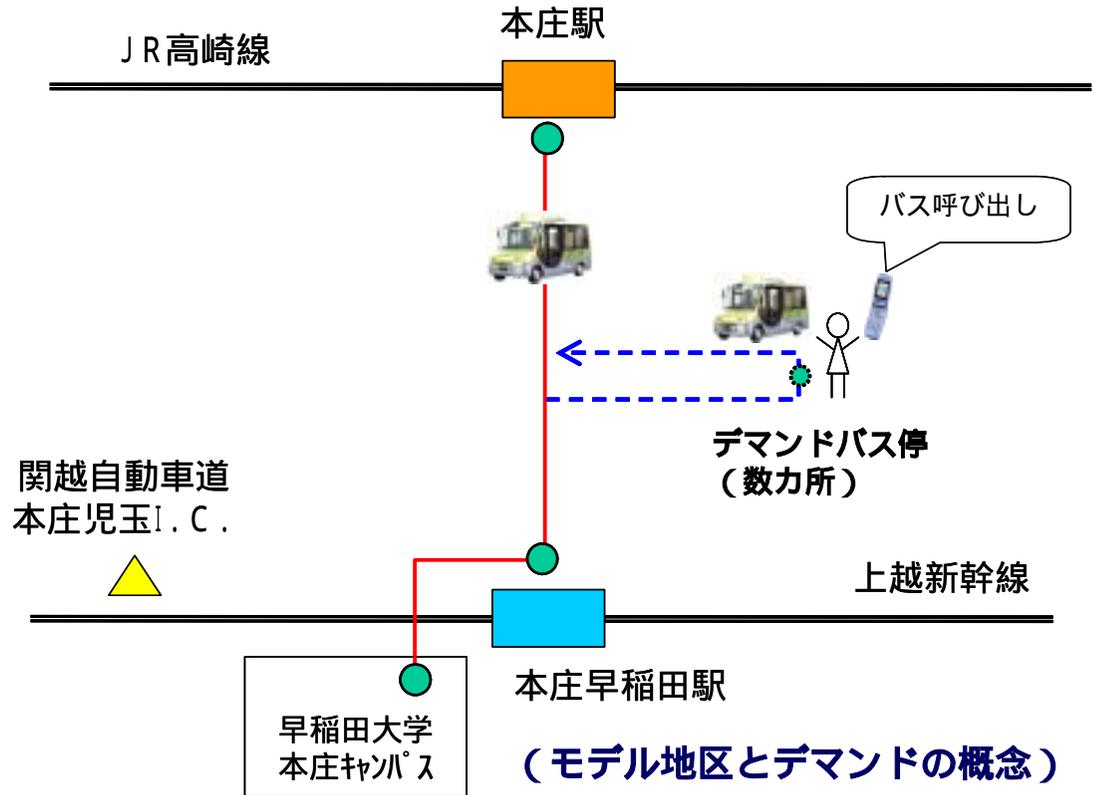
## (2) 第2次実証試験

- 日程：平成18年2月1日～3日
- バス車両：2台使用
- 双方向へ同時走行の繰り返し運行

乗客は全て学生等による模擬乗客  
(社会実験ではない)

## (3) 共通事項

- 運行区間：JR高崎線本庄駅 - 上越新幹線本庄早稲田駅 - 早稲田大学本庄キャンパス
- バス停：7箇所に仮設（基本停留所バス停4、デマンド停留所3箇所）
- 所要時間：固定バス停のみ経由の場合は15分、全バス停経由の場合は40分
- 運転管理センタ：早大本庄キャンパス内に仮設
- 地上基地局：各バス停近傍に仮設
- デマンド受付：専用ウェブサイトを開設し、模擬乗客が携帯電話からデマンドを発信
- 運行経路の指示：運転席に系統番号を表示（系統変更はバス停接近時のみ）



# 実証試験のバス停配置と、デマンドの有無による経路・系統番号の例

全バス停の配置



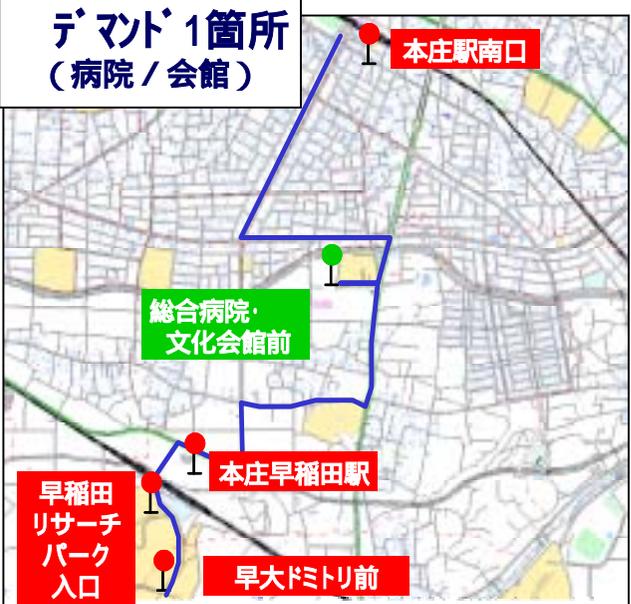
デマンド無し  
基本経路走行



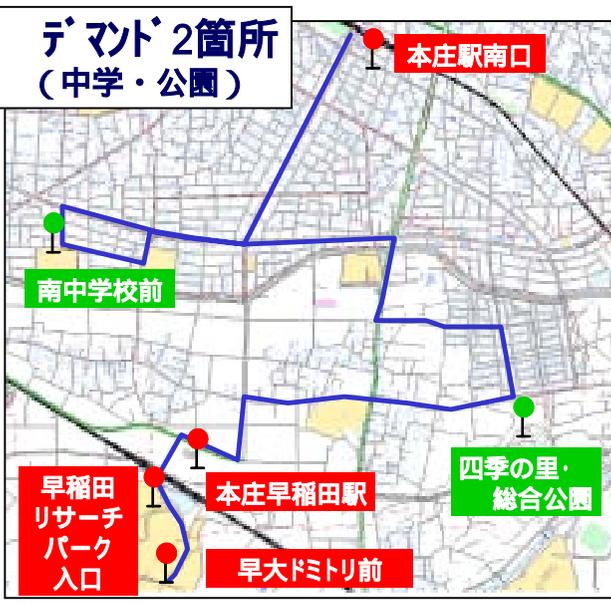
デマンド1箇所  
(南中学校)



デマンド1箇所  
(病院/会館)



デマンド2箇所  
(中学・公園)



デマンド3箇所  
(中学・会館・公園)



# 実証試験の状況



本庄市内走行(文化会館前)



WEB1からWEB2を見る(本庄早稲田駅前)

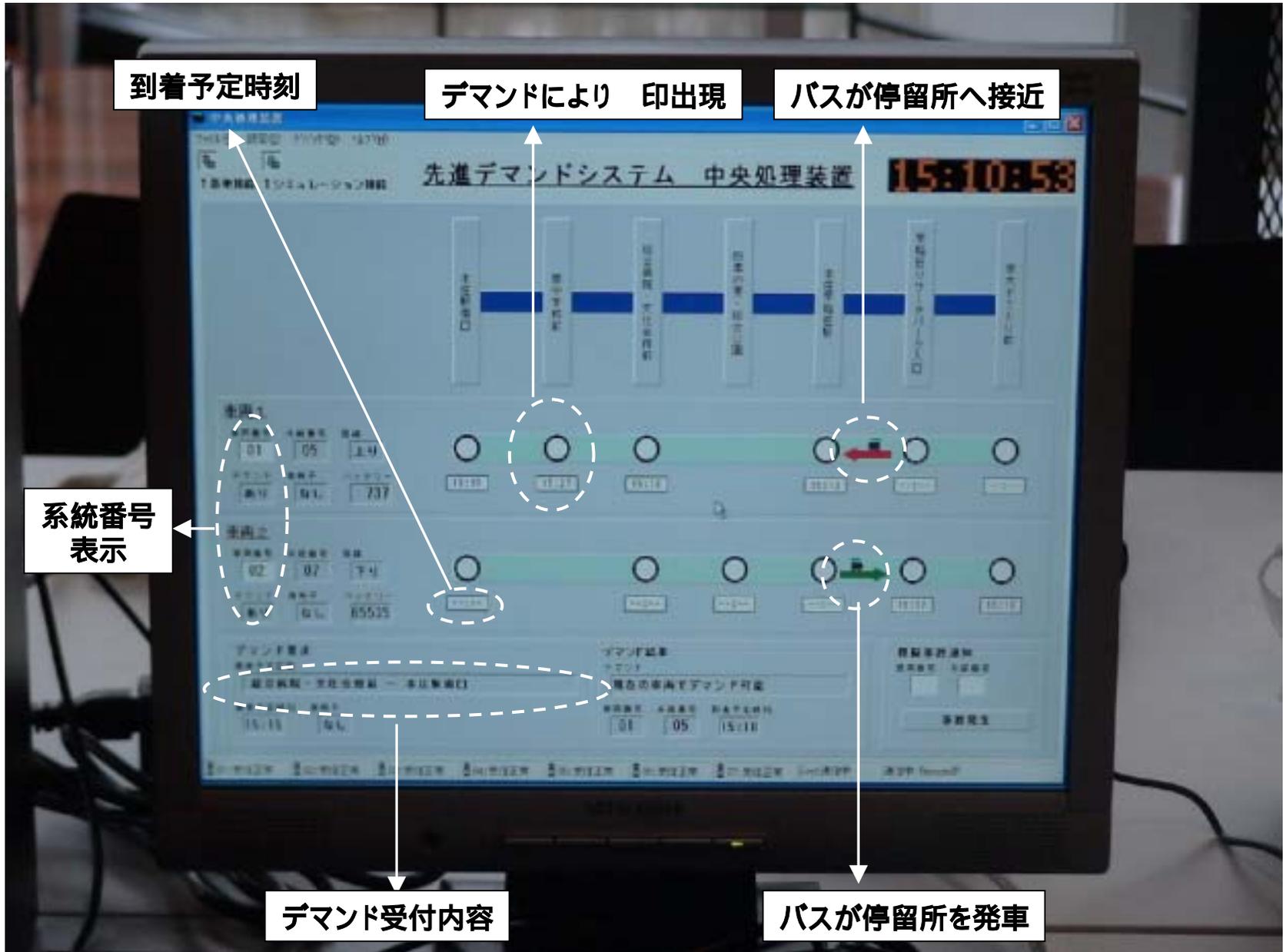


模擬乗客の乗車(本庄リサーチパーク)



模擬乗客の降車(本庄駅前)

# 運行中のセンタ画面

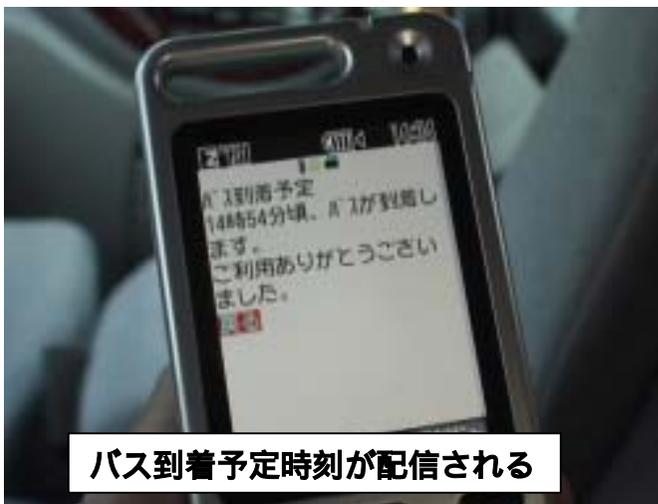
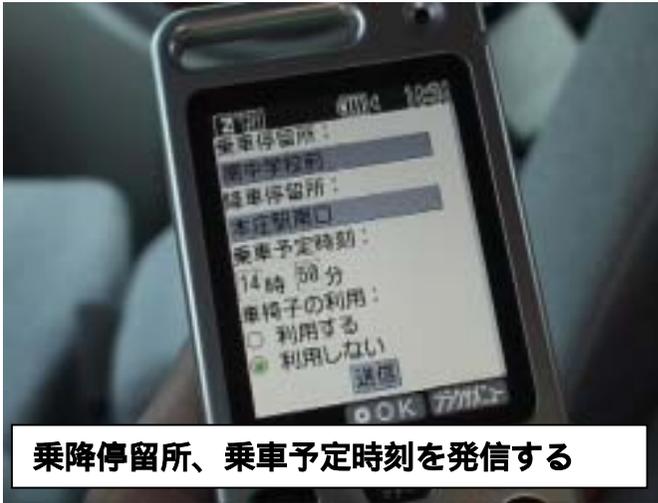


# バス運行中に同時実行する走行シミュレーションの状況

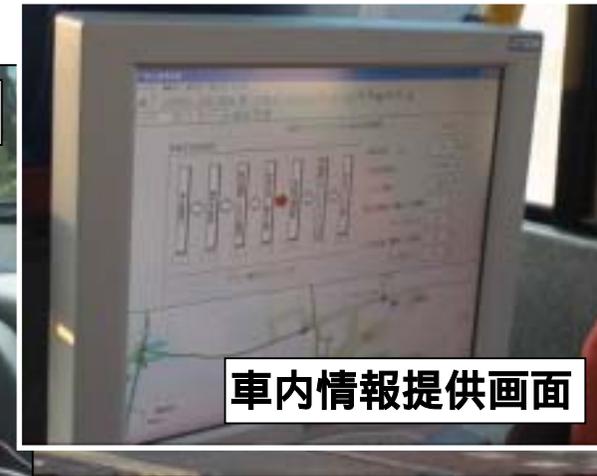


# 実証試験時のデマンド画面

利用者の携帯電話  
(特設サイトにアクセス)



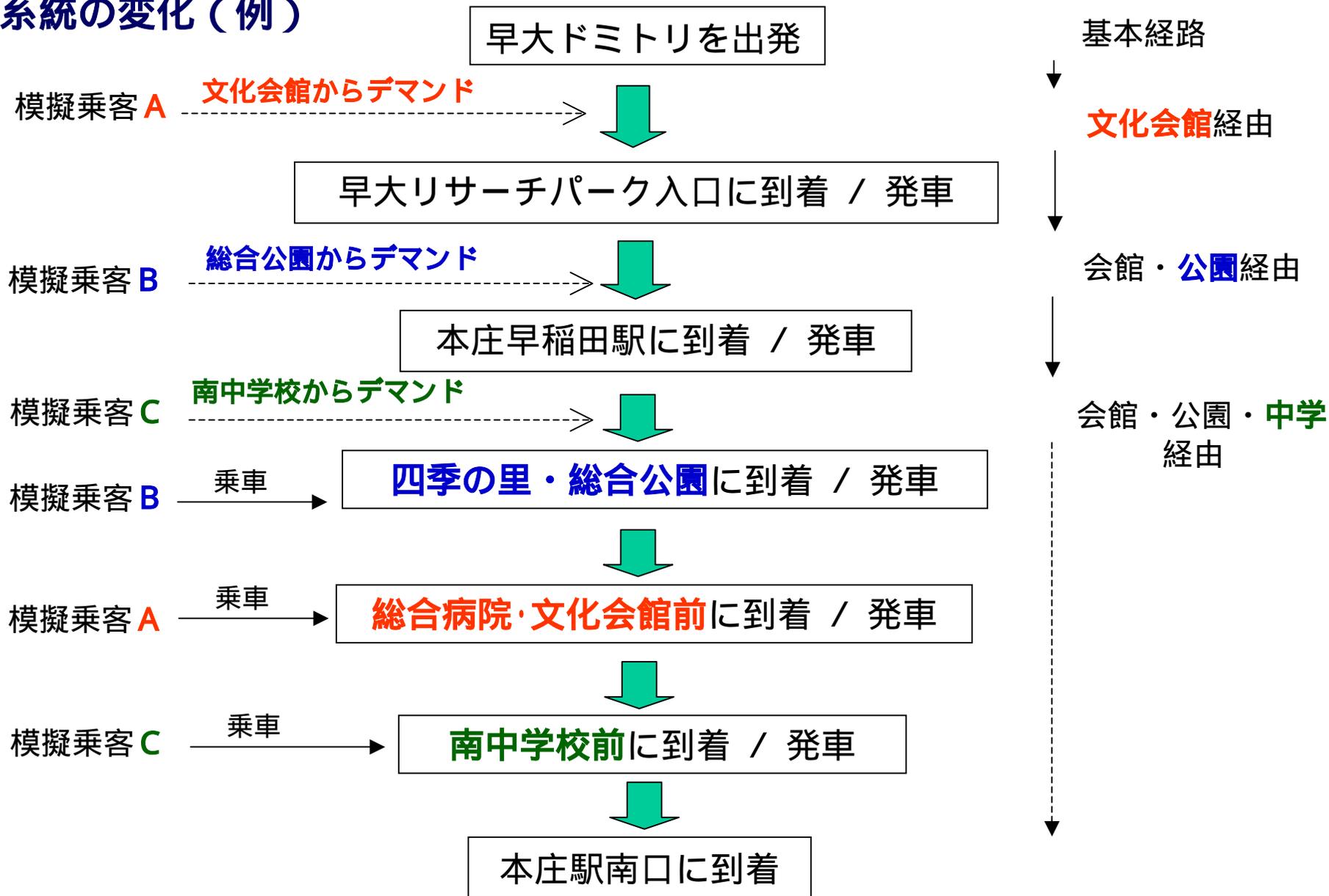
運転席の系統番号指示器



# 模擬乗客の行動と 系統の変化（例）

## （バスの運行）

## （系統番号の変化）



## 実証試験で確認したデマンドシステムの機能

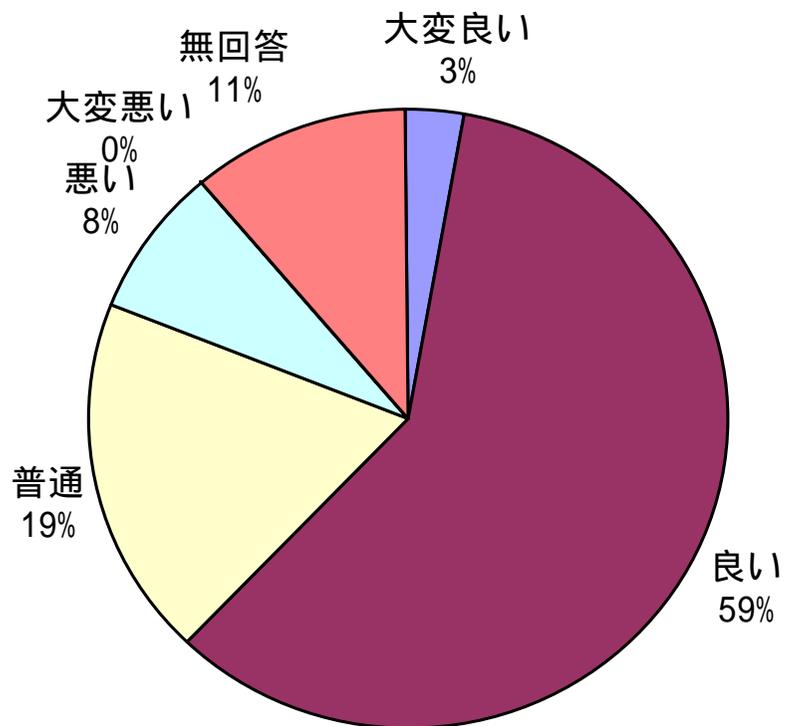
- ・ センタ、各基地局（7箇所）、車載装置を広域なモデル地区各所に配置、セットアップした状態でのシステム全体の立ち上がり
- ・ 車両 - 基地局間の特定小電力の通信  
（バス停への車両接近時に通信開始、停車確認を発信、車両発車後に通信終了）
- ・ 各基地局 - センタ間のDoPa網による通信（車両接近時のみ実行）
- ・ 模擬乗客の携帯電話画面操作によるデマンドの発信、センタでの受信、センタ画面上での系統番号の変化、到着予定時刻のセンタ画面上の表示ならびに発信者への配信
- ・ GPSによる車両の停留所への到着、発車の検知
- ・ 運転者向け系統番号表示器の表示、途中でデマンドが入った場合の次の停留所での系統番号変化
- ・ 車内乗客向け表示器の、車両位置およびデマンドの入信に応じた画面表示
- ・ 走行シミュレータの運転指令システムとの連携機能、バス実走行状態との整合性

電動バスの実走行を伴った実証試験の結果、デマンドシステムの機能は概ね良好であることが確認された。

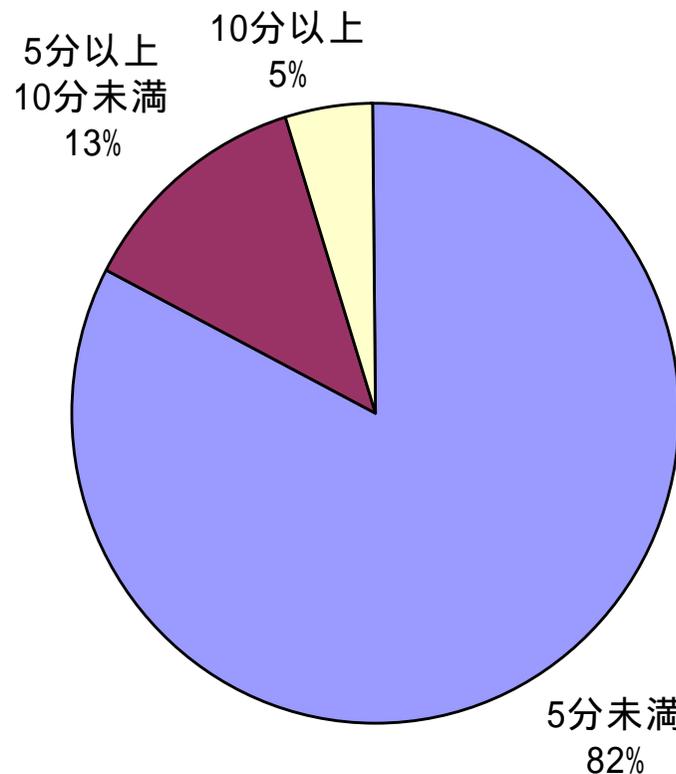
# 発表の内容

- 1 先進電動マイクロバス  
交通システムプロジェクトについて
- 2 先進デマンドバスシステムの内容について
- 3 実証試験について
  - 3 - 1 システムの機能
  - 3 - 2 利便性の評価
- 4 GISを活用した需要予測について
- 5 まとめ

# 実証試験時の模擬乗客アンケート結果



携帯電話画面操作による  
デマンドの使い勝手

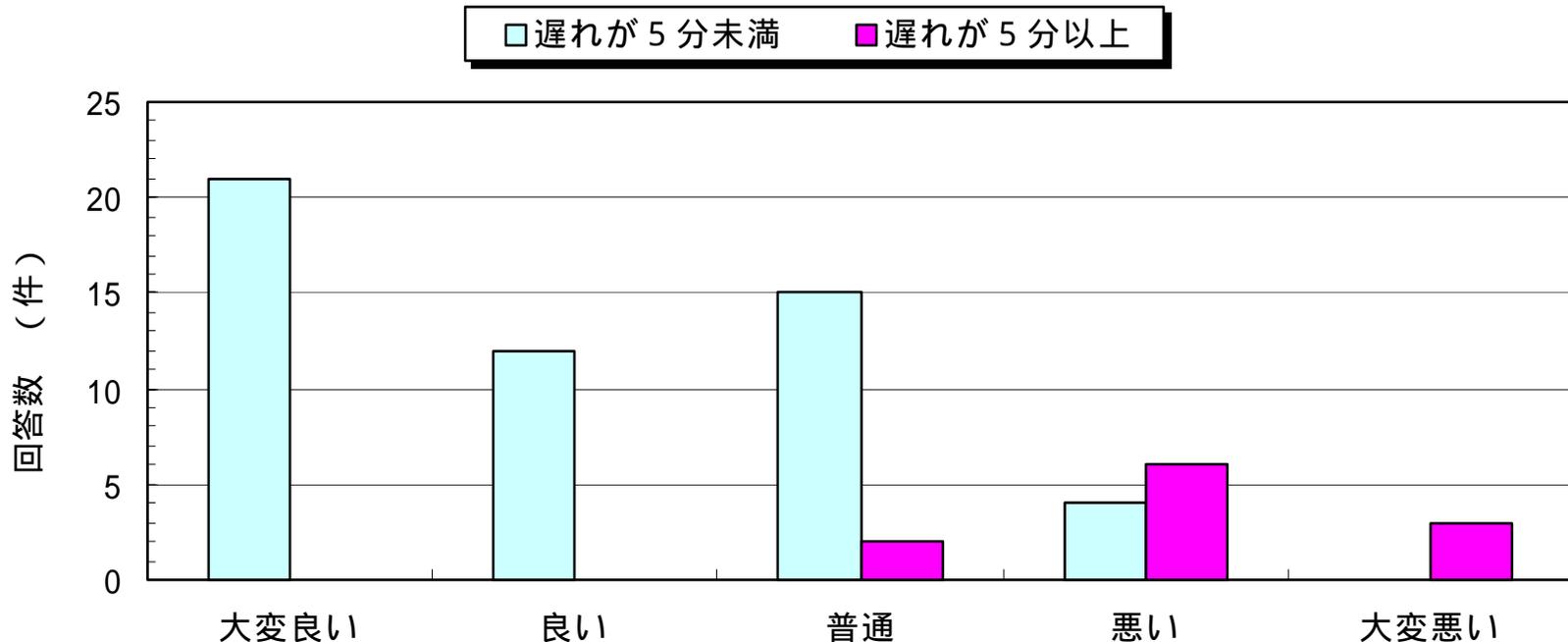


デマンドの際に配信されたバス到着  
予定時刻に対する実際の到着の遅延

# 実証試験で確認した模擬乗客の利便性

- ・携帯電話画面操作によるデマンドの取扱性
- ・通知されたバス到着予定時刻に対する、実際のバス到着の遅れ
- ・デマンドの有無による目的地到着予定時刻の変化
- ・その他、利用した感想

携帯電話画面操作によるデマンドは概ね好評。バス到着予定時刻の遅延等に関する情報提供については改善の余地がある。



バス到着予定時刻に対する実際の到着の遅れに関する評価

# 発表の内容

- 1 先進電動マイクロバス  
交通システムプロジェクトについて
- 2 先進デマンドバスシステムの内容について
- 3 実証試験について
  - 3 - 1 システムの機能
  - 3 - 2 利便性の評価
- 4 GISを活用した需要予測について
- 5 まとめ

# GISを活用したバス路線の利便性評価・需要予測

フラクタル次元  
(Box Counting 法)

路線の空間分布 (面的充実度)

情報量次元

車両の時間的分布 (運行本数充実度)

規格化

インフラ係数

基準値を持った面的・時間的評価係数

基礎的集客能力

基礎的集客能力 =  $117.23 \times \text{インフラ係数} + 5.59$  (実績値)

潜在的利用者数

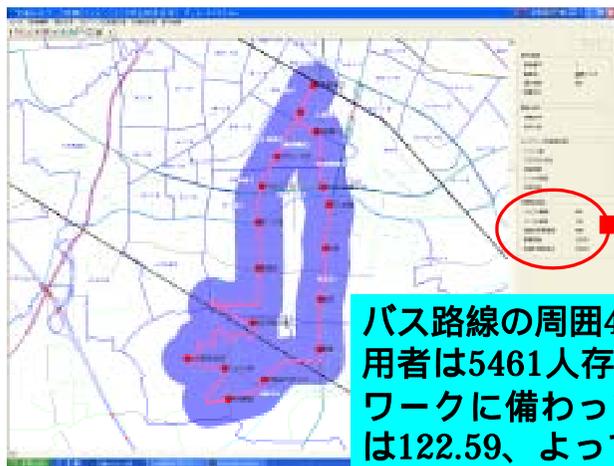
路線を利用することが期待できる人口のことであり、徒歩で路線の停留所へ到達できる範囲に居住している人口

**推定年間利用者数** = 基礎的集客能力 × 潜在的利用者数

GISとは?  
デジタル化した地図データと、統計データや位置に関連したデータを統合的に扱う情報システム。

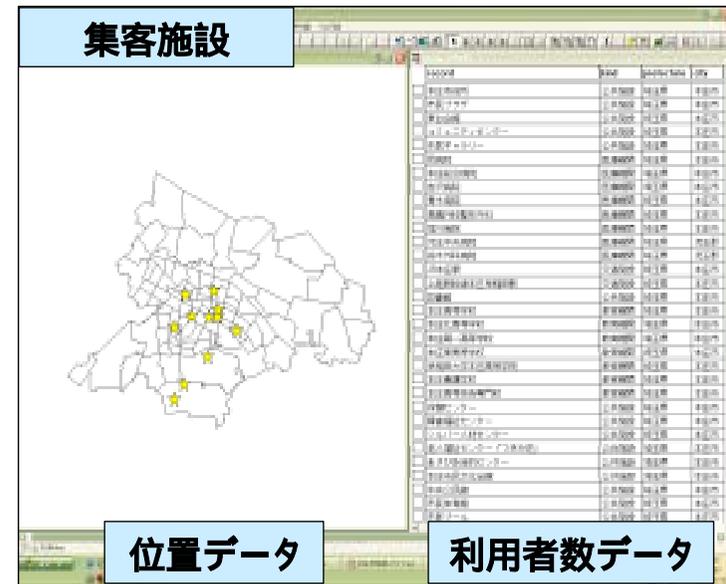
# バス需要予測の精度向上

基本計算: 利用者数(需要) = 基礎的集客能力 × 潜在的利用者数



利用性評価	
バフファ係数	400
インフラ係数	1.00
潜在的利用者数	5461
集客係数	122.59
基礎的集客能力	669464

バス路線の周囲400m以内に、潜在的利用者は5461人存在し、公共交通ネットワークに備わっている基礎的集客能力は122.59、よって利用者数は669464と算出できる



集客施設の影響

位置データ

利用者数データ

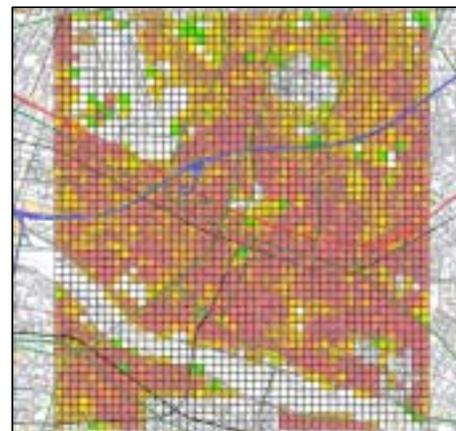
↑ 非居住地域を除いた人口分布データの反映

非居住地域

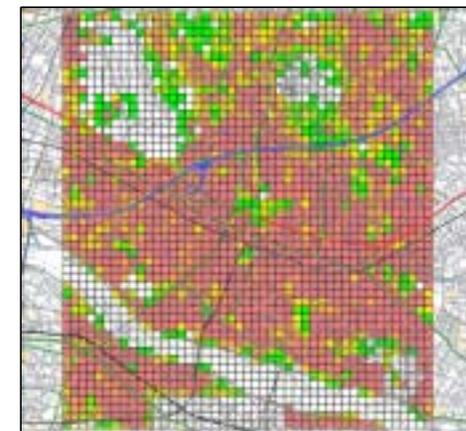


ポリゴンデータ

↑ 昼夜間人口移動の考慮



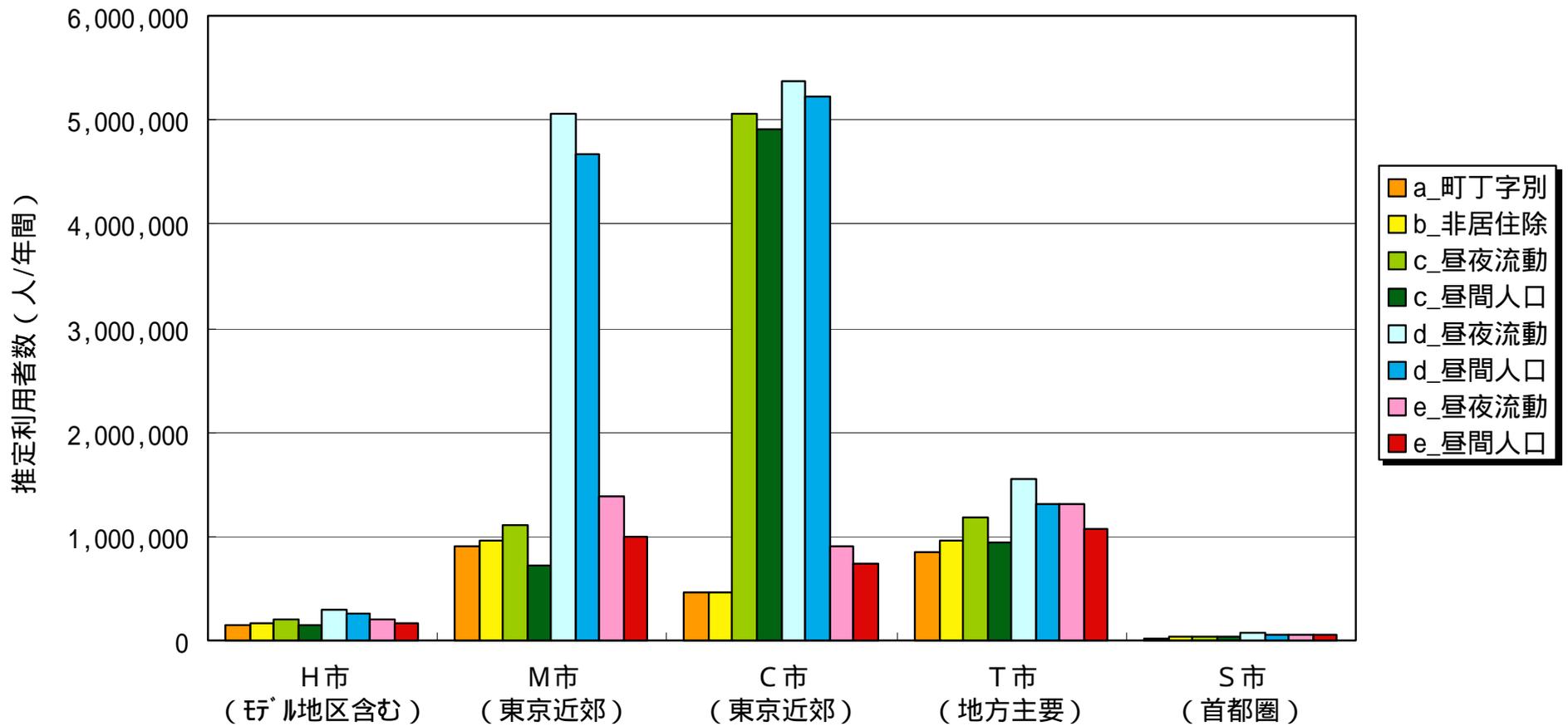
昼間人口



夜間人口

さらに・・・路線競合、マイカー保有等の要素

# コミュニティバス路線需要予測の試算例



需要予測のベースとする人口データ

- a) 国勢調査の町丁字別人口データ (オリジナル)
  - b) 国勢調査の町丁字別人口データに非居住地域を考慮
  - c) bに地域外との昼夜間流動を考慮した動的人口データ
  - d) cに駅や病院など巨大集客施設利用者数を加算
  - e) dの駅利用者数の5%をコミュニティバス利用者数とし、さらにコミュニティ路線密着の集客施設を加えたもの
- c) ~ e) では昼夜間の人口流動を考慮した評価とコミュニティバス運行時間帯である昼間人口を再現した評価を実施

# 発表の内容

- 1 先進電動マイクロバス  
交通システムプロジェクトについて
- 2 先進デマンドバスシステムの内容について
- 3 実証試験について
  - 3 - 1 システムの機能
  - 3 - 2 利便性の評価
- 4 GISを活用した需要予測について
- 5 まとめ

# まとめ

- (1) 情報伝送 / 運転指令システム、走行シミュレーションシステム、動的需要予測システムから構成される先進デマンドバスシステムを構築した。携帯電話画面操作によるデマンドや、情報伝達と運転指令の完全自動化等を特長とする。
- (2) モデル地区における実証試験により、構築した先進デマンドシステムの機能、動作がほぼ良好であることを確認した。乗客の利便性については、携帯電話画面操作によるデマンドは好評であったが、後発デマンド等による遅れの発生等に対し検討の余地がある。
- (3) 地理情報システム（GIS）を活用したバス路線の客観的な需要予測手法を考察し、非居住地域、昼夜間人口移動、集客施設等の影響を考慮して精度向上を図り、数都市で予測を試行した。

# 今後の課題

- (1) デマンドシステムの普及、実用化の検討
  - ・他の導入候補地の検討
  - ・デマンド手段等の最適化（高齢者等も考慮）
  - ・大都市近郊の交通不便地域への適合性
  - ・コスト低減
  
- (2) 需要予測の精度向上
  - ・計算結果と利用実績の差の要因分析（既存路線による検証を重ねる）
  - ・マイカー保有によるバス非選択の的確な反映
  - ・コミュニティバス計画等への応用

# 謝 辞

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）殿の補助事業（平成16～17年度民生部門等地球温暖化対策実証モデル評価事業）として実施致しました。ここに深く謝意を表します。

また、多大な御協力を頂きました関係各方面の方々にも厚く御礼申し上げます。