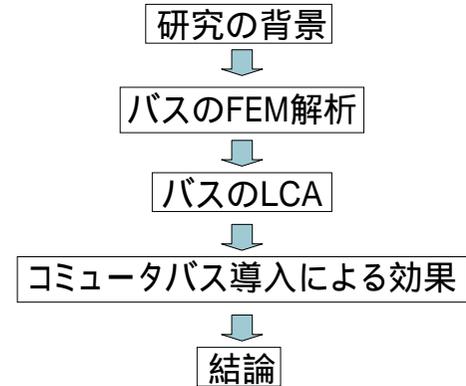


安全・安心な社会のための 低環境負荷通勤バスの提案

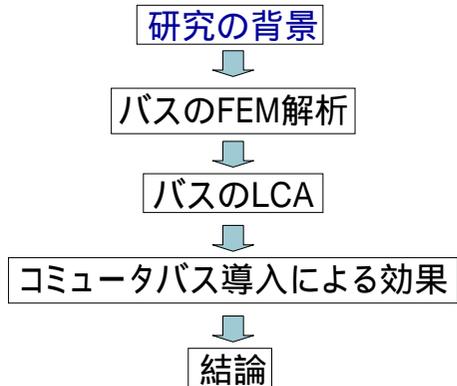
指導教官: 高橋 淳 助教授

東京大学工学部
システム創成学科
環境・エネルギーシステムコース
20746
田上 友之

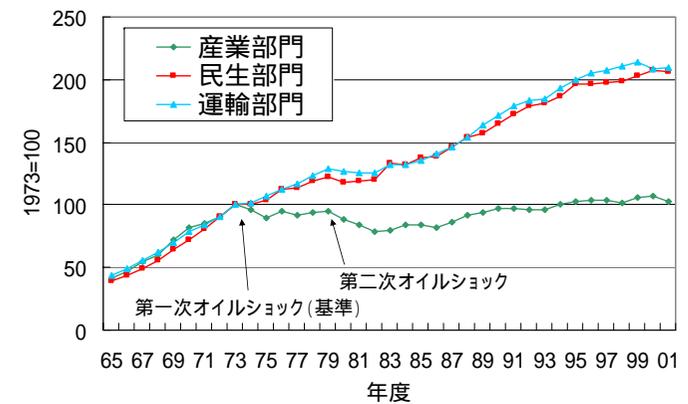
発表の流れ



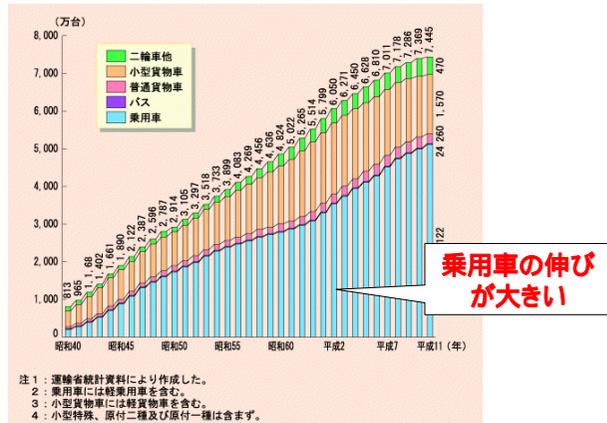
発表の流れ



部門別エネルギー消費量の推移

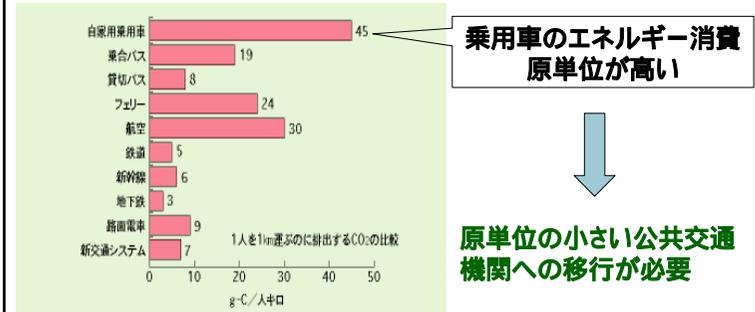


自動車保有台数の推移



平成13年度環境白書より

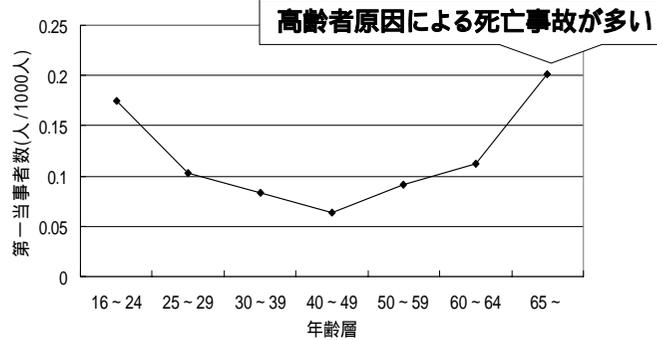
輸送機関別エネルギー消費原単位



平成12年度環境白書より

年齢層別第一次当事者数

2003年の運転免許保有者1000人における死亡事故の年齢層別第一当事者割合



第一当事者とは、交通事故に関係した人のうち過失が最も重い人

通勤バスの提案

目的
 ・環境負荷低減
 ・高齢者の事故削減

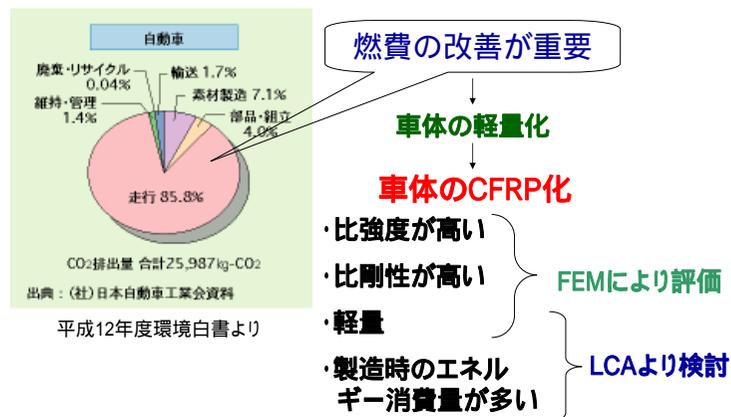
通勤バス導入

通勤バスとは
 交通機関の行き届いていない
 地方都市を運行する小型バス

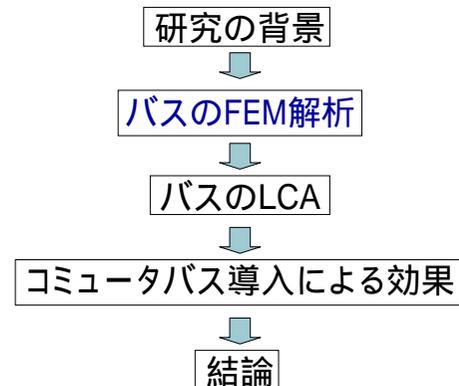


武蔵野市が運行するムーバス

単なる通勤バスではなく



発表の流れ



FEM解析

目的: 鉄製大型バスの基準をもとに鉄製通勤バスとCFRP製通勤バスを設計し、その時の重量を検討する

解析環境: ソルバーにMARC、プリポストにMentatを使用

対象: フレーム

評価: 曲げ剛性(乗り心地)
ねじり剛性(操作性)
強度(壊れにくさ)

評価基準

- ・剛性は既存の鉄製大型バスを基準にそれを上回るようにした。その際、ホイールベースに依存しない値 ($EI/l^3, GI/l^3$) を使う。
- ・相当応力は2.5G状態で降伏応力に対する安全率が1.8を上回るようにする。

鉄製小型バス、CFRP製小型バスを設計する上での目標

目標剛性	
EI/l^3 (N/mm)	224.8以上
GI/l^3 (N/mm・rad)	104.9以上
最大相当応力	
鉄(MPa)	50.1以下
CFRP(MPa)	132.2以下

EI : 曲げ剛性
 GI : ねじり剛性
 l : ホイールベース

曲げ剛性評価

ホイールベース中央付近に分布荷重をかける

解析条件

W:荷重

l:ホイールベース

b:荷重点位置

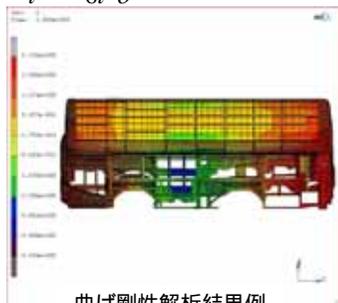
FEM解析

解析結果

:最大たわみ量

x:最大たわみ位置

$$\frac{EI}{l^3} = \frac{Wbx}{6l^4\delta} (l^2 - b^2 - x^2)$$



曲げ剛性解析結果例

ねじり剛性評価

フロントアクスル部に下向き集中荷重をかける

解析条件

W:荷重

R:ホイールベース

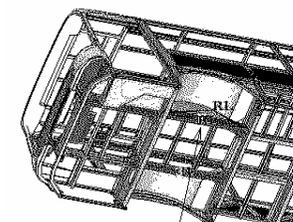
r:タイヤから荷重点までの
の車両幅方向距離

FEM解析

解析結果

:荷重点でのたわみ量

$$\frac{GI}{l^3} = \frac{Wr^2R}{l^3\delta}$$



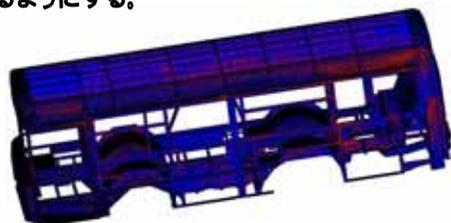
タイヤの真上のフレームに鉛直下向きに100kgfの力を与える
ねじり剛性荷重条件

強度評価

バス全体に車両総重量分荷重をかける

FEM解析

最大となった相当応力が基準(鉄:50.1MPa, CFRP:132.2MPa)を下回るようにする。



強度評価解析結果例

解析結果

目標剛性

EI/l^3 (N/mm)	224.8以上
GI/l^3 (N/mm·rad)	104.9以上

最大相当応力

鉄(MPa)	50.1以下
CFRP(MPa)	132.2以下

鉄製コミュニティバス最適構造

EI/l^3 (N/mm)	357.1
GI/l^3 (N/mm·rad)	419.9
最大相当応力(MPa)	48.5
フレーム重量(kg)	1643

鉄は強度、CFRPは曲げ剛性がきいてくる

CFRP製コミュニティバス最適構造

EI/l^3 (N/mm)	254.0
GI/l^3 (N/mm·rad)	216.7
最大相当応力(MPa)	12.7
フレーム重量(kg)	635

フレーム重量
61%の軽量化

外板の軽量化

外板は曲げ剛性を同じにする

$$EI = E'I' \quad \left(I = \frac{bh^3}{12} \text{より} \right)$$

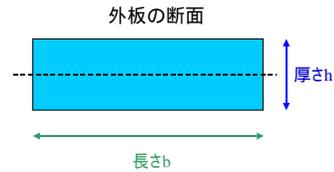
$$h' = \sqrt[3]{\frac{E}{E'}} h$$

$E = 206\text{GPa}$
 $E' = 54\text{GPa}$

鉄からCFRPにすることで
体積は1.56倍

鉄の密度: 7.8g/cm^3
CFRPの密度: 1.6g/cm^3

外板は68%軽量化される



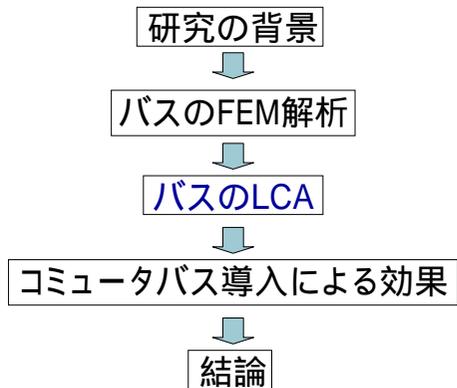
車両重量

フレームは61%軽量化
外板は68%軽量化

	鉄製小型バス	CFRP製小型バス
フレーム(kg)	1643	635
外板(kg)	525	166
エンジン部分(kg)	829	829
その他(kg)	3374	3374
合計(kg)	6371	5004

車両重量は21%軽量化

発表の流れ



LCA初期設定

- ・実施目的
FEM解析で実証された車両重量21%軽量化により、どれだけ環境負荷を削減できるかを調査する。
- ・評価対象製品
鉄製通勤バス、CFRP製通勤バス
- ・機能単位及び基準フロー
機能単位を定員30人、乗車率30%、15年使用、43万キロ走行可能とし、それを満たすバス1台を基準フローとする。
- ・システム境界
製造段階、走行段階の2段階
- ・環境負荷項目
エネルギー消費量

LCA(製造段階)

鉄

製造に必要なエネルギー: 33MJ/kg

部品・本体製造に必要なエネルギー: 20MJ/kg

鉄の消費エネルギー

115GJ

CFRP

	エネルギー消費量(MJ)
エポキシ樹脂製造	24.0
PAN系炭素繊維製造	327.1
プリプレグ	40.1
RTM法	12.8
合計	404.0

CFRPの消費エネルギー

324GJ

素材製造に必要なエネルギー: 404MJ/kg

部品・本体製造に必要なエネルギー: 0MJ/kg

LCA(走行段階)

鉄

走行可能距離: 43万km

車両総重量: 6866kg

燃費: 3.40km/L

鉄の消費エネルギー

10164GJ

CFRP

走行可能距離: 43万km

車両総重量: 5499kg

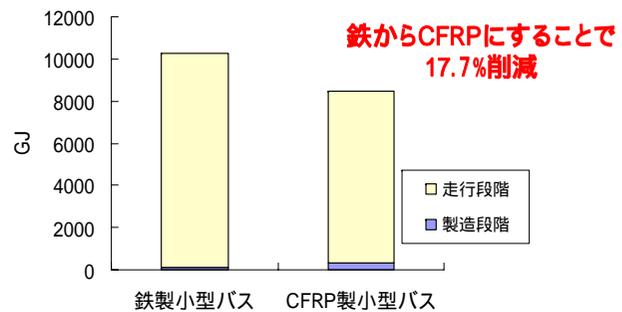
燃費: 4.25km/L

CFRPの消費エネルギー

8141GJ

LCAの結果

	鉄製小型バス	CFRP製小型バス
製造(GJ)	115	324
走行(GJ)	10164	8141
合計(GJ)	10279	8465



発表の流れ

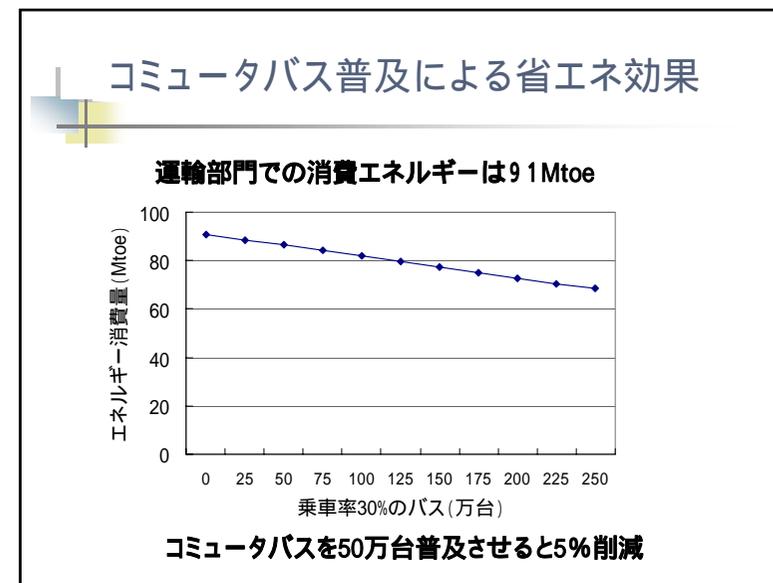
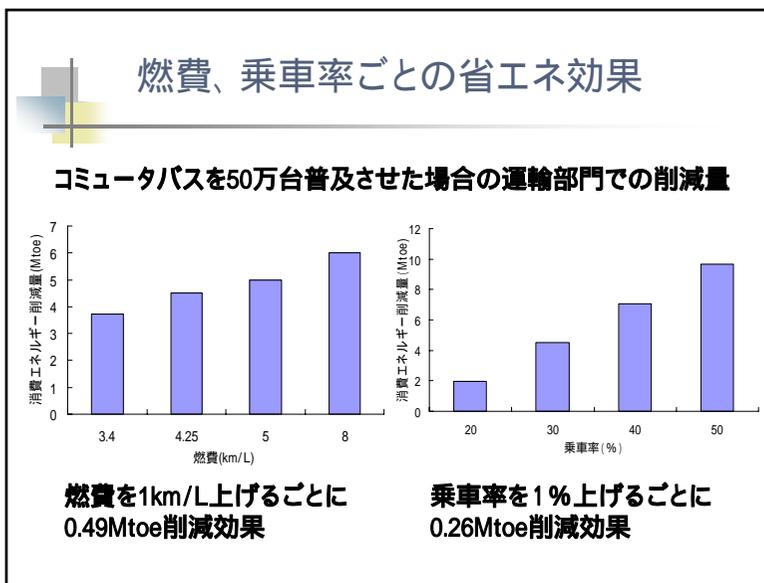
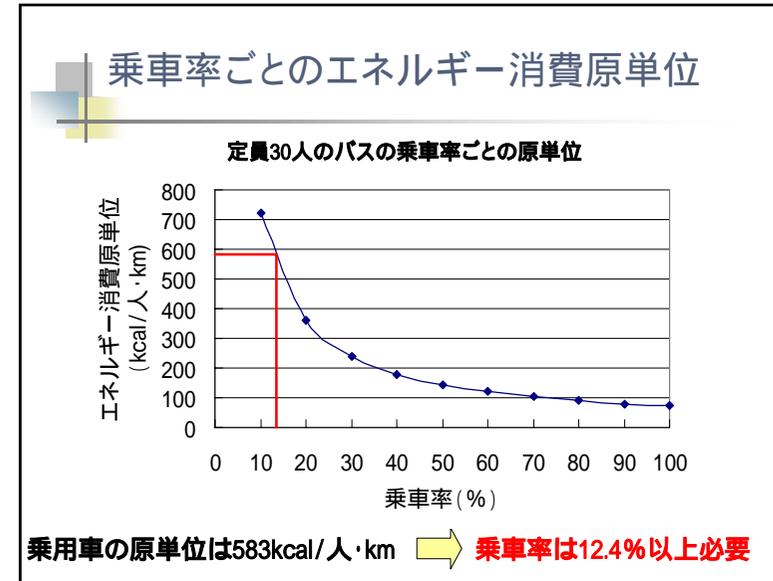
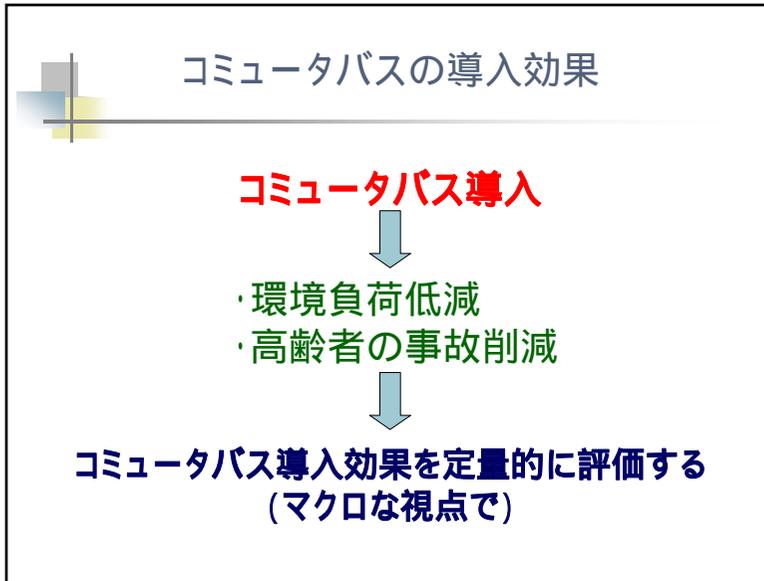
研究の背景

バスのFEM解析

バスのLCA

通勤バス導入による効果

結論



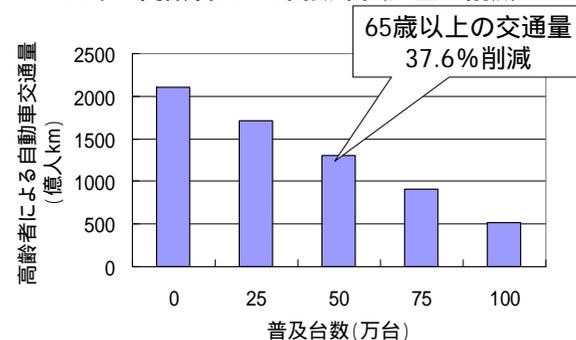
高齢者の自動車交通量予測



事故を起こしやすい高齢者の自動車交通量が50年で2.2倍になる予測

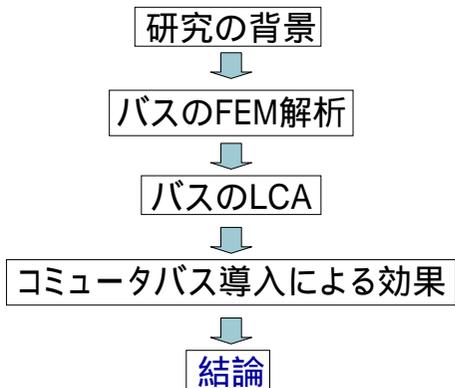
自動車交通量削減

2050年の高齢者による自動車交通量の削減



定員30人、乗車率30% (そのうち高齢者の割合60%)

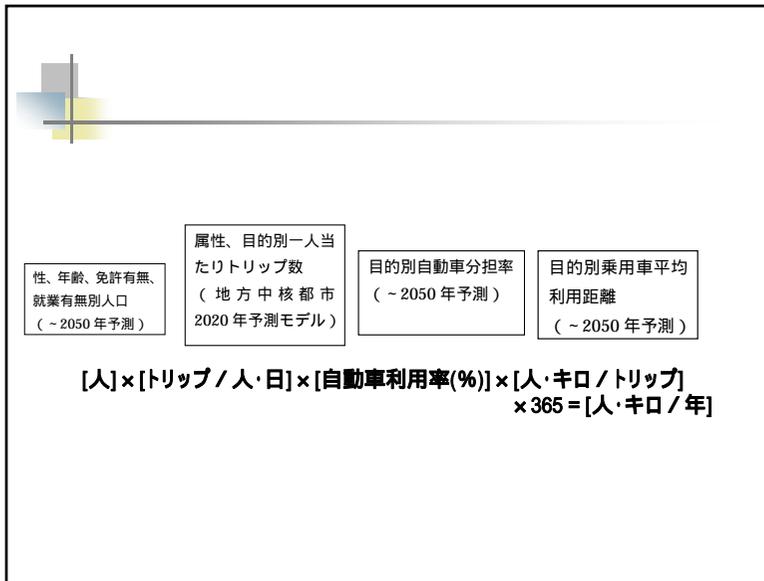
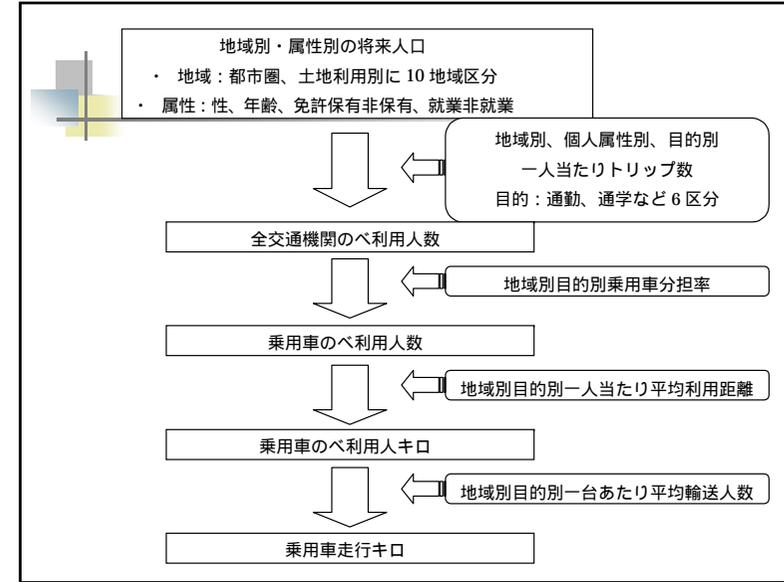
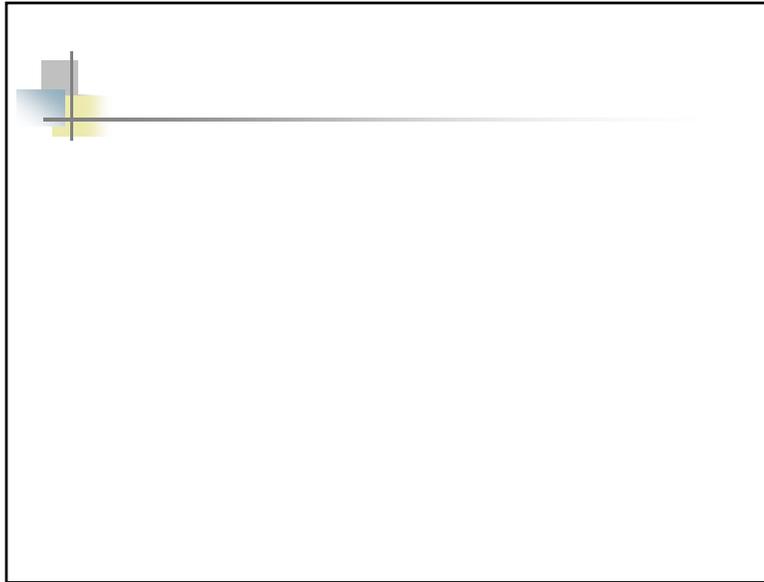
発表の流れ



結論

- 通勤バスをCFRP化することで
 - 21%の軽量化 (FEM解析より)
 - 17.7%の消費エネルギー削減 (LCAより)
- 通勤バスを50万台導入することで
 - 運輸部門の消費エネルギーを5%削減
 - 2050年の高齢者による事故を37.6%削減
 - 燃費と乗車率が大きく効果に出ることを確認した

技術面と政策面が重要



通勤バスの定義

- (1)市町村が計画し、運行主体となるかあるいは運行支援を行う。
- (2)需要規模は小さく、既存の交通機関でサービスできなかった領域をカバーする。
- (3)地域住民の生活に根ざした移動ニーズに対応することを輸送の目的とする。
- (4)ごくローカルな地域性を反映した運行形態やシステムをとる。このため必ずしも既存の路線バスの考え方にはよらずに多様な選択肢をもつ。
- (5)沿線住民を主体に不特定多数の利用を前提とした乗合輸送を基本とする。
- (6)採算性は(必要だが)第一義ではなく、なんらかの財政支援または補助を背景とした社会的サービスと位置付ける。