



Waseda University

第8回 EST普及推進フォーラム

2020年に向けた 低炭素交通システムを考える

早稲田大学 理工学術院

森本 章倫



1. 低炭素な交通とは？

「低炭素な交通」

- 多くのエネルギーを要しない乗り物
- 環境汚染をしない乗り物

新しい交通も着目されている！

LRT、Velib、DRT、EV、Segway 等

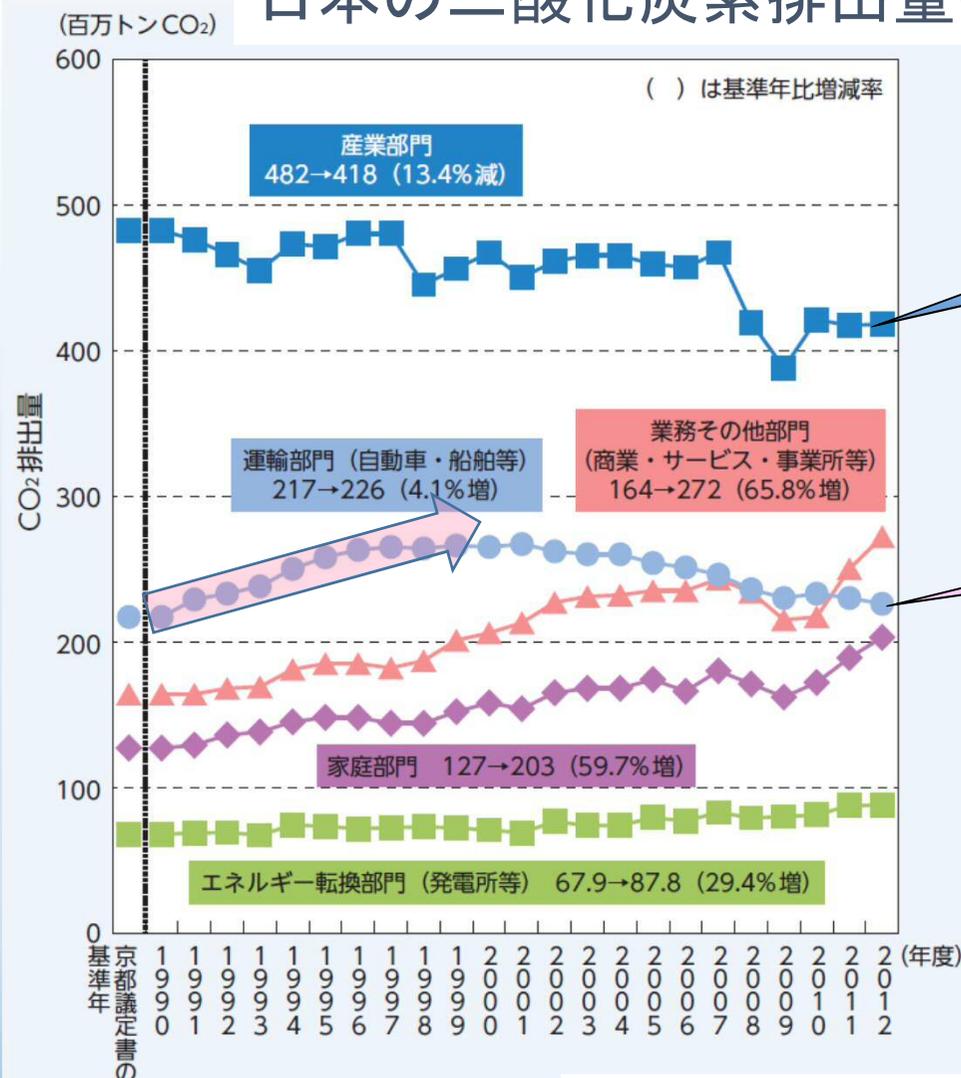


まず、我が国の交通環境負荷の実態から
低炭素な交通を考える



交通部門の環境負荷の実態

日本の二酸化炭素排出量の推移



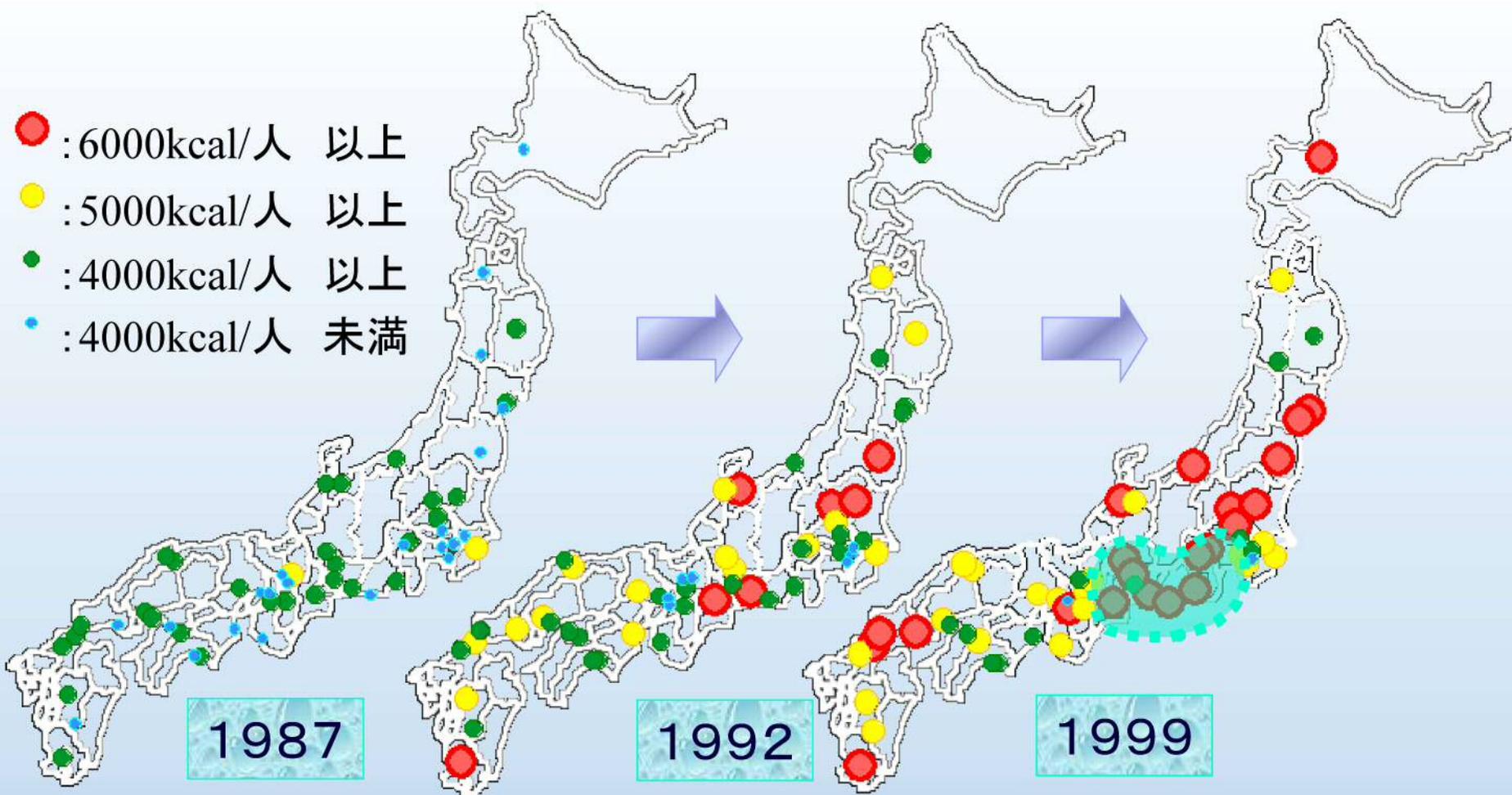
産業 4億1,800万トン
(基準年比13.4%減少)

運輸 2億2,600万トン
(基準年比4.1%増加)

2012年度の二酸化炭素
排出量は12億7,600万ト
ン(基準年比11.5%増加)



交通環境負荷が高まった1990年代



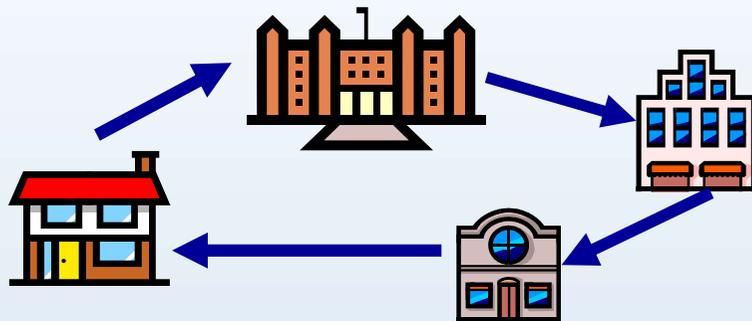
わが国の交通エネルギー消費の推移



なぜ交通の環境負荷が増加したのか？

$$E = P * G * r * d * e$$

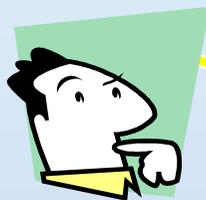
- P : 人口(人)
- G : 平均トリップ数
- r : 交通手段構成比
- d : 交通手段別平均トリップ長(km)
- e : 機関別運輸エネルギー原単位(kcal/人km)



G : トリップ数



d : トリップ長



何でいく？



or



or



r : 交通手段構成比

動く時のエネルギー効率



e : 機関別運輸エネルギー原単位



環境にやさしい交通とは

推計式から考える交通負荷の低減要素

- ① 移動回数が少ない
- ② 移動距離が少ない
- ③ 環境にやさしい移動手段を使う
- ④ 技術革新で移動効率が上昇する



歩行: 移動の基本

自転車: 最も効率的な移動手段

公共交通: ?

公共交通は
環境にやさしいのか？

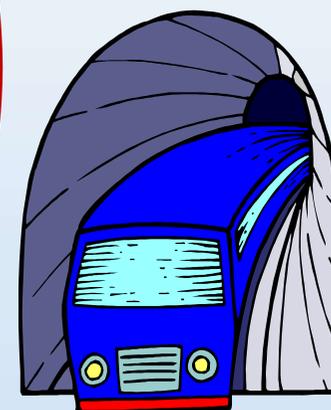




公共交通は環境にやさしいか？

1人が1km進むために消費するエネルギー(kcal/人km)

出典	鉄道	自動車	バス
運輸関係エネルギー要覧	101	593	156
エネルギー計量分析センター	47	510	136

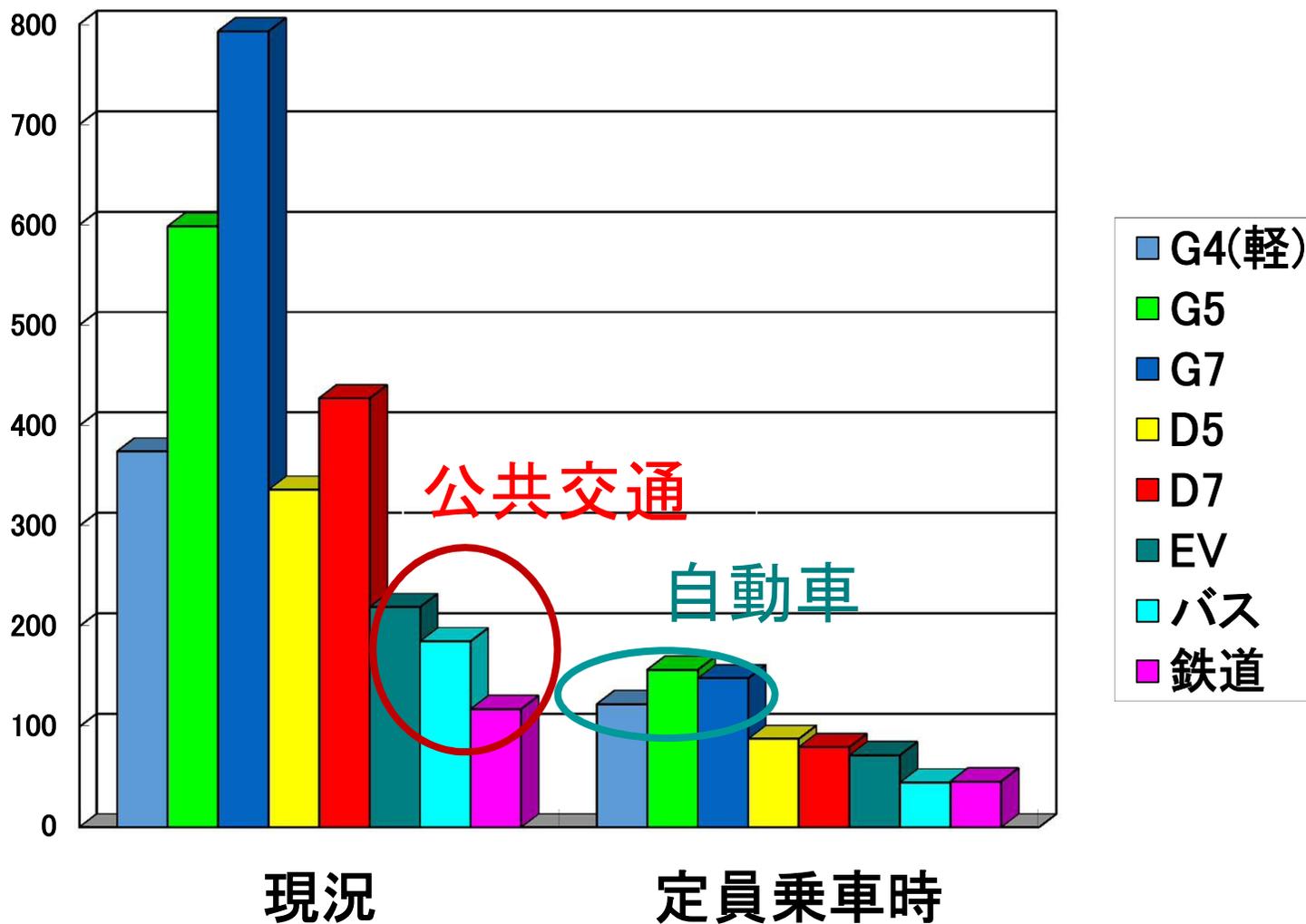


確かに鉄道やバスは、自動車に比べてエネルギーの消費量が少ない



定員乗車時と現況の比較

(kcal/人km)





環境に優しい交通システムを考える

つまり**多くの人**が**利用**して初めて、
公共交通が低炭素な交通となる



多くの人が利用し、かつ移動距離や回数が少ない環境とは

- ① **移動回数が少ない**: 一つの場所で多様な活動ができる
- ② **移動距離が少ない**: 目的地が近い場所にある
- ③ **環境にやさしい乗り物で移動する**

: 徒歩や自転車が利用でき、公共交通も一定の需要がある

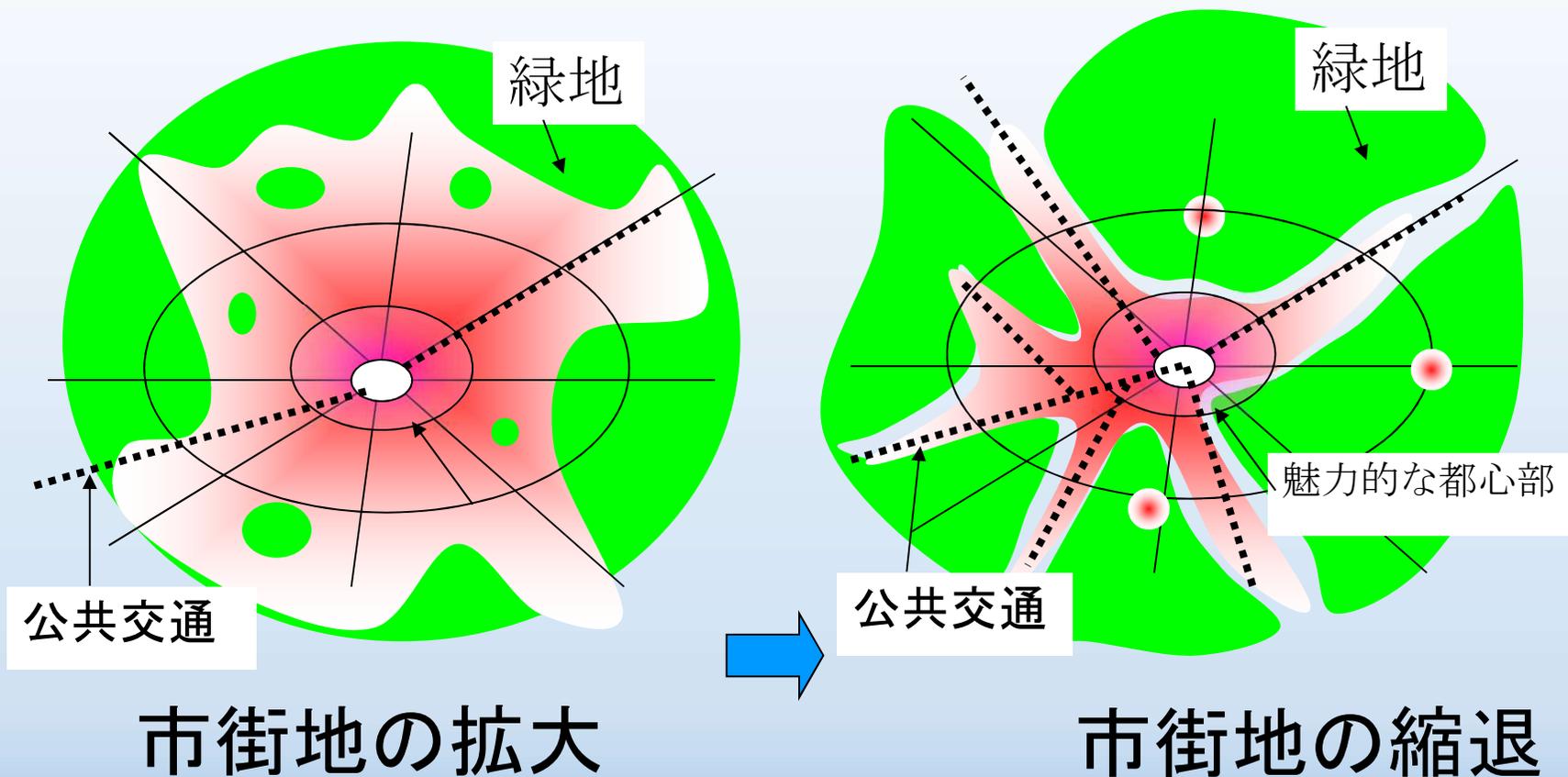


交通環境も合わせたシステム: **低炭素交通システム**



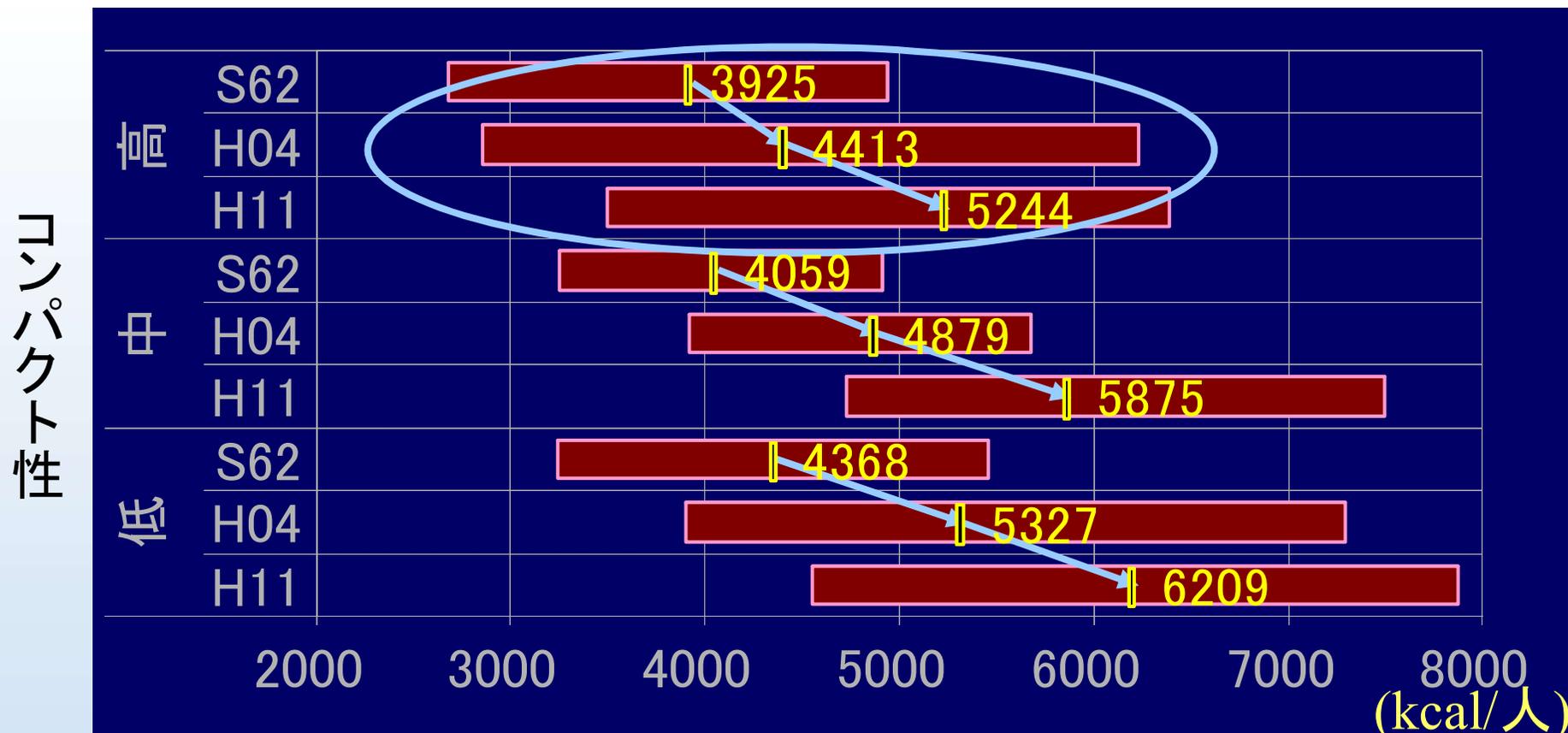
2. 低炭素な交通システムを支える都市構造

一定のエリアに人が集まって住む都市構造
→ コンパクトシティ





コンパクトな都市は環境に優しいのか？



1. コンパクト性が高いと消費量は小さい
2. コンパクト性が高い都市でも負荷は増加した

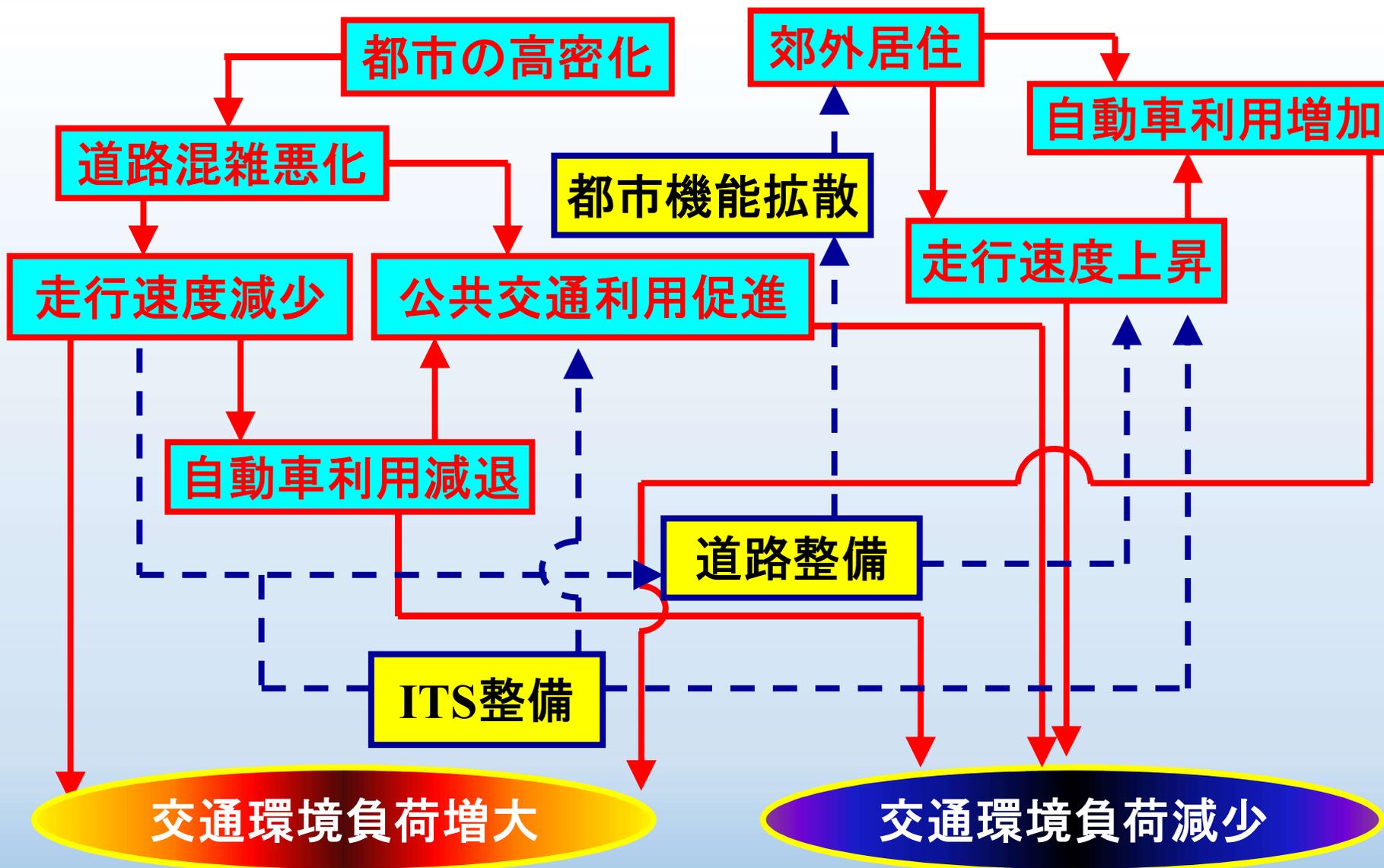


コンパクトシティの特徴：推計式から

特徴	推計要素	効果
面積減少	平均トリップ長	移動距離の減少
	交通手段構成比	非動力系利用の増大
密度増加	交通手段構成比	公共交通機関利用の増大
	自動車原単位	混雑悪化により非効率化
用途混合	平均トリップ数	生成原単位の減少
	平均トリップ長	移動距離の変化



都市のコンパクト化が与える影響





コンパクト化だけでは難しい・・・

- コンパクトシティは環境に優しい交通を支える一方で、渋滞などの問題も抱えている。
- そもそも人々の交通意識が変化しなくては、車の過度な依存から脱却できない。

コンパクトシティは急にはできないので、継続的な政策評価が必要

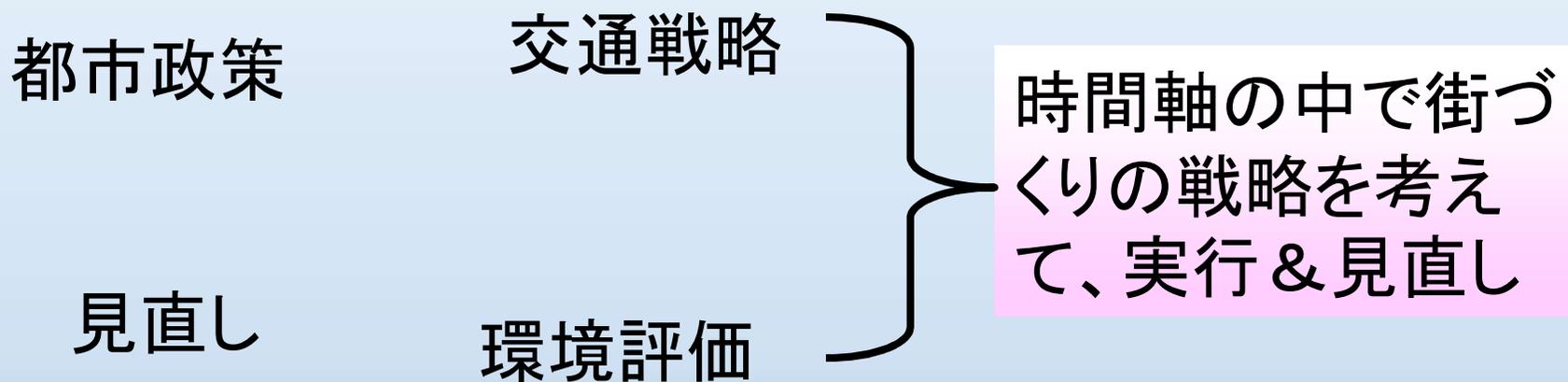
加えて
多様な交通政策の実施がカギ





3. 低炭素都市にむけての交通戦略

- Plan: 都市政策の立案
- Do: 交通戦略の実施
- Check: 施策の環境評価
- Action: 次の計画に反映



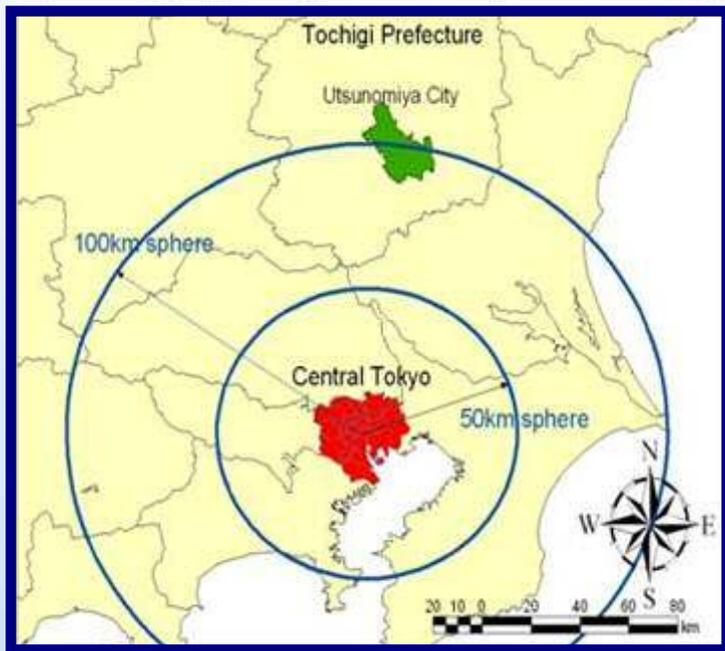
宇都宮を事例に考えてみよう



Waseda University

(1) 実態把握

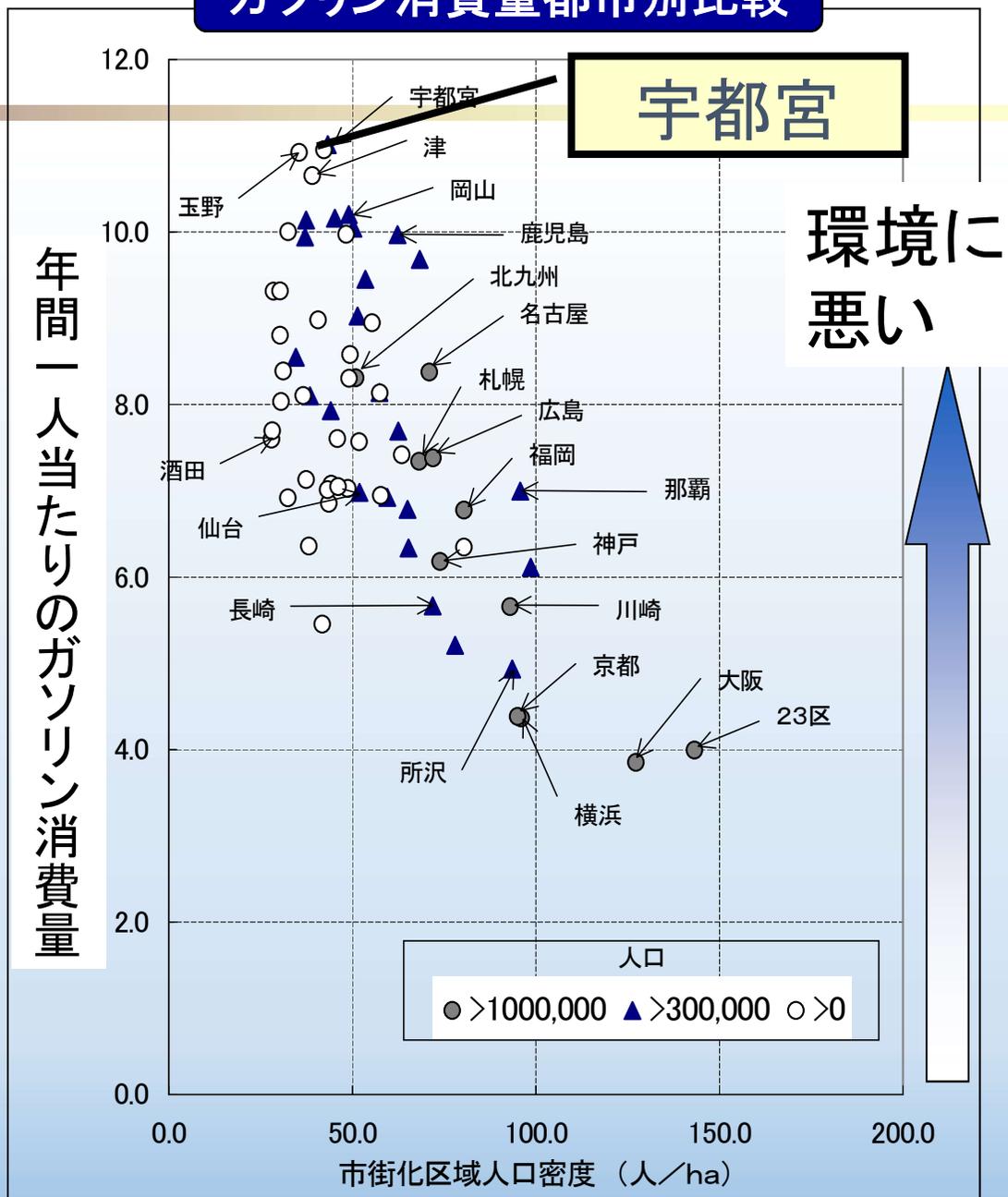
栃木県宇都宮市 人口:51万人



引用: 谷口・村川・森田
都市計画論文集34、1999

Waseda Univ. A. Morimoto Lab.

ガソリン消費量都市別比較

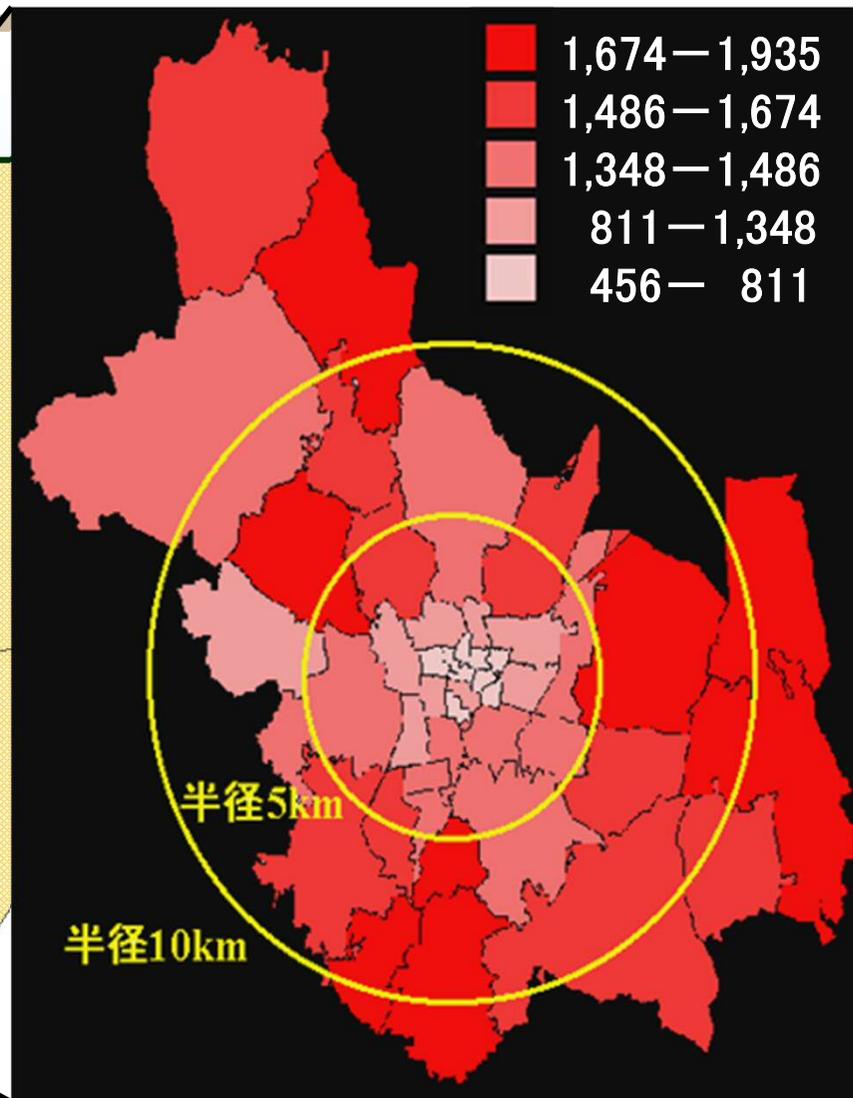
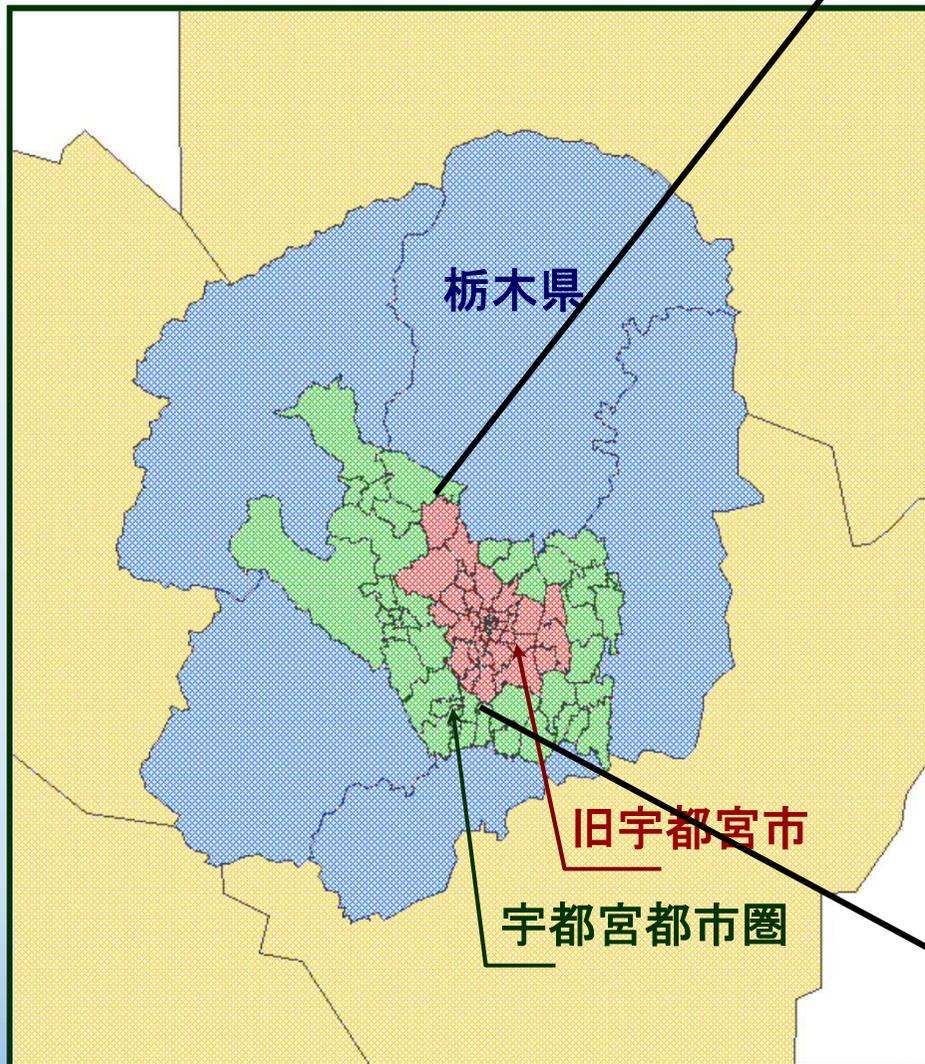




Waseda University

都市のどこが交通環境負荷が高いのか？

栃木県宇都宮市

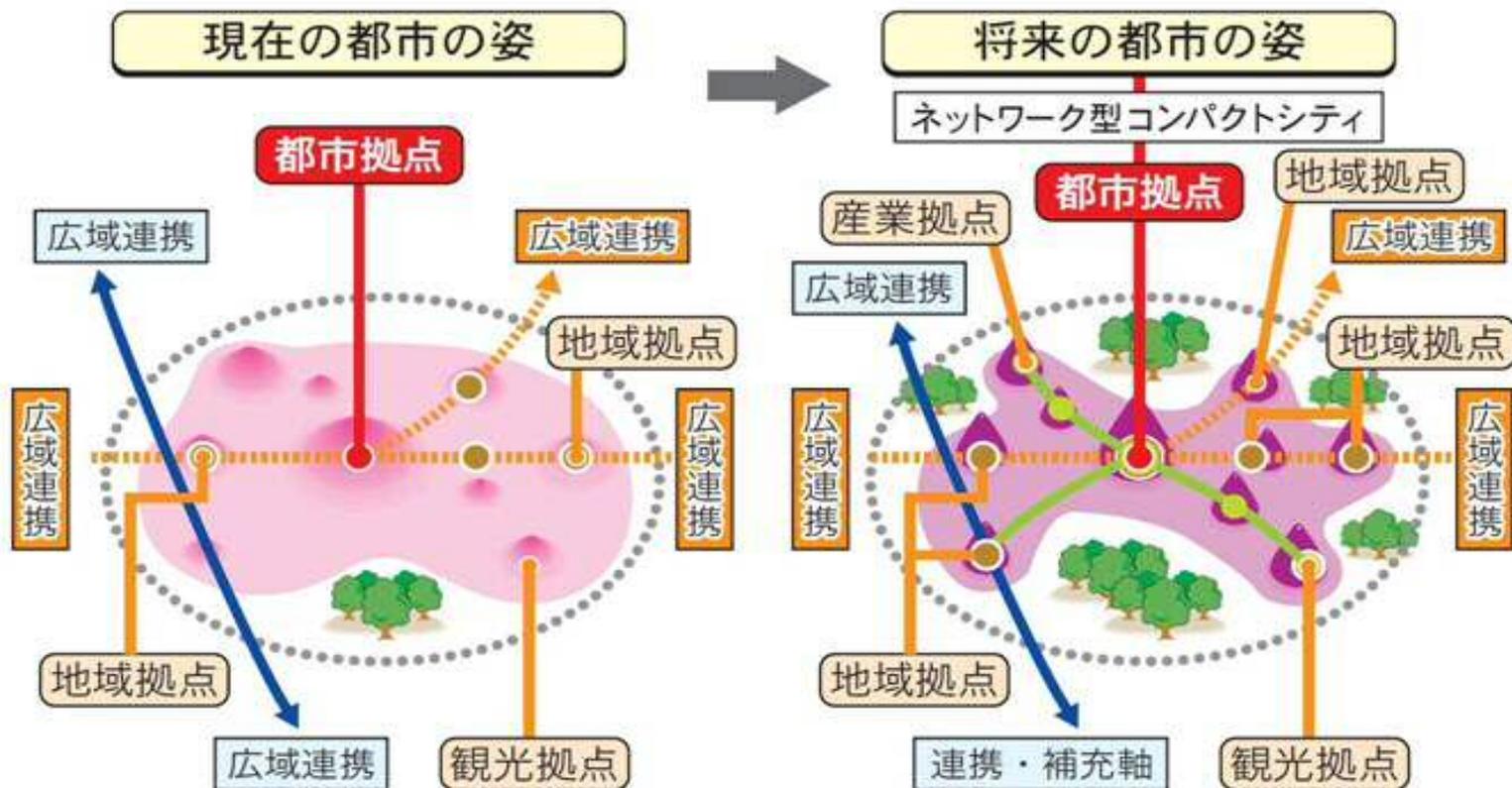


1人当たりの自動車エネルギー消費量: 通勤(kcal/人)



(2) 都市政策の立案

第5次宇都宮市総合計画 (2008年3月)



人口規模・構造や都市活動に見合った都市の姿であるネットワーク型コンパクトシティ(連携・集約型都市)の形成を目指します。



Waseda University

都市マスタープランに位置づける

第2次宇都宮市都市計画マスタープラン

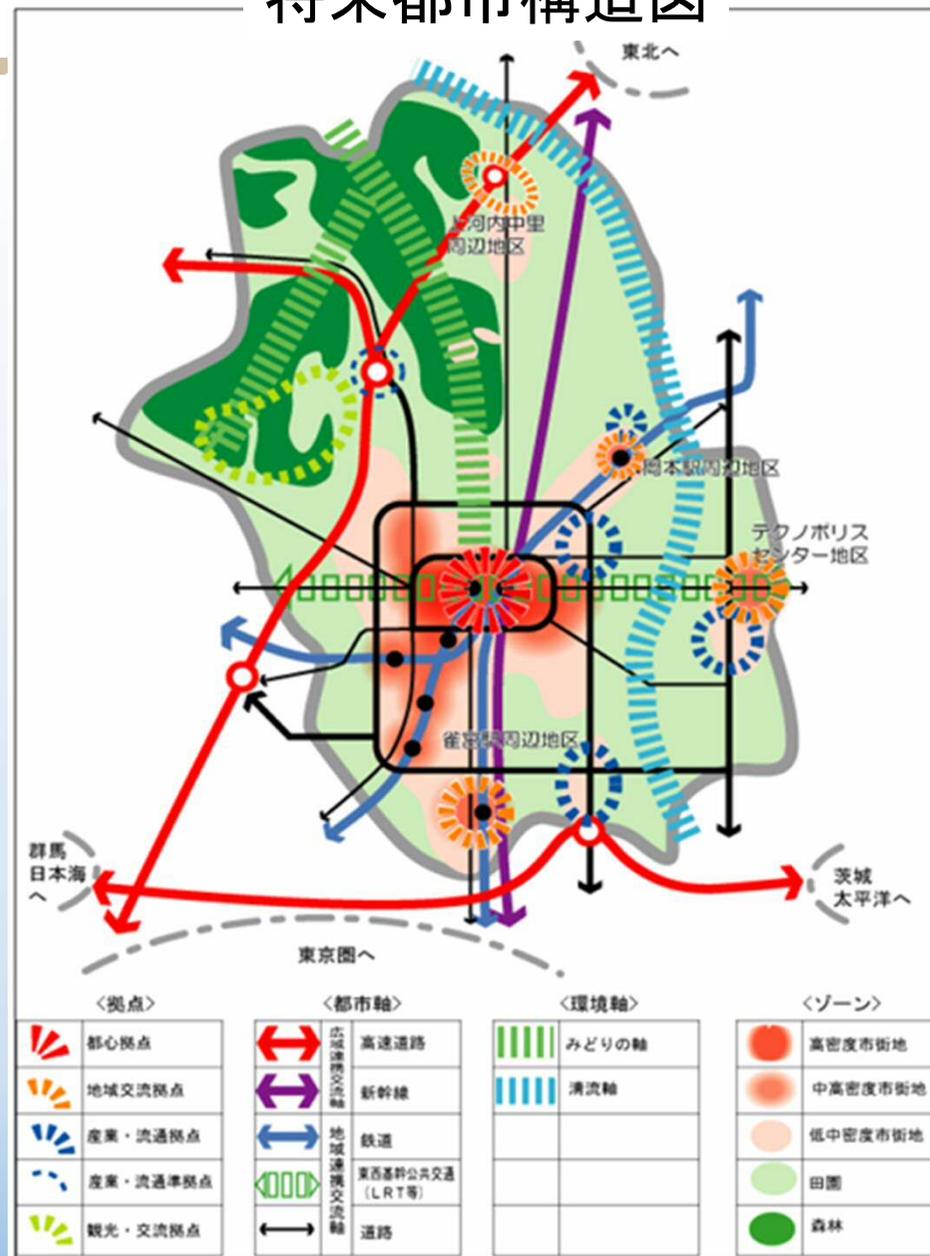
(平成21年3月全体構想)

市街地ゾーンの密度目標
 高密度市街地: 60人/ha以上
 中密度市街地: 50-60人/ha
 低密度市街地: 40人/ha以上

ネットワーク型コンパクトシティ

- 市街地や拠点間においては、公共交通と自動車の2つのネットワーク整備を行う。
- 中心市街地での歩いて楽しいまちづくり

将来都市構造図





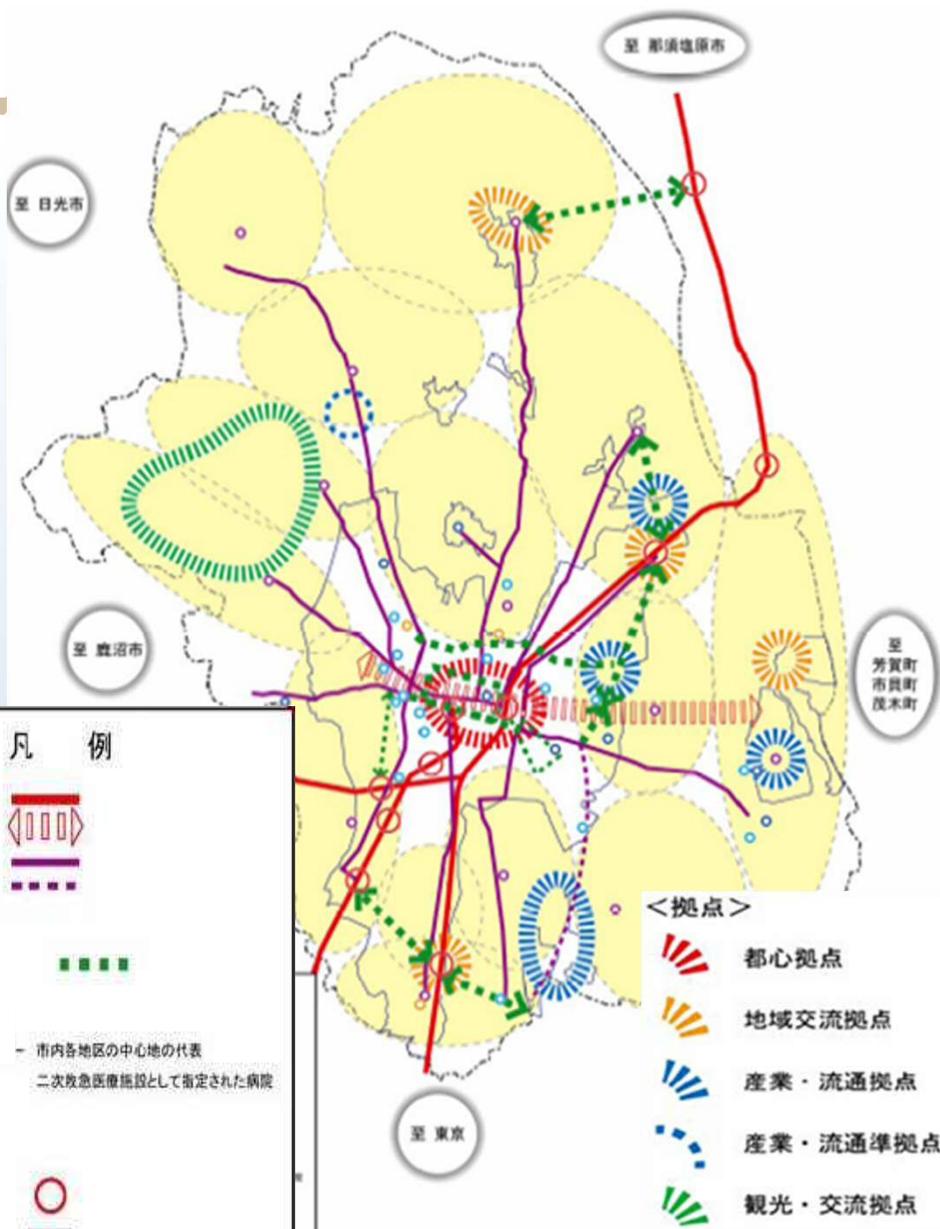
Waseda University

(3) 都市交通 戦略の策定

宇都宮市都市・地域交通 戦略策定協議会 (平成21年3月)

魚の骨ネット ワーク

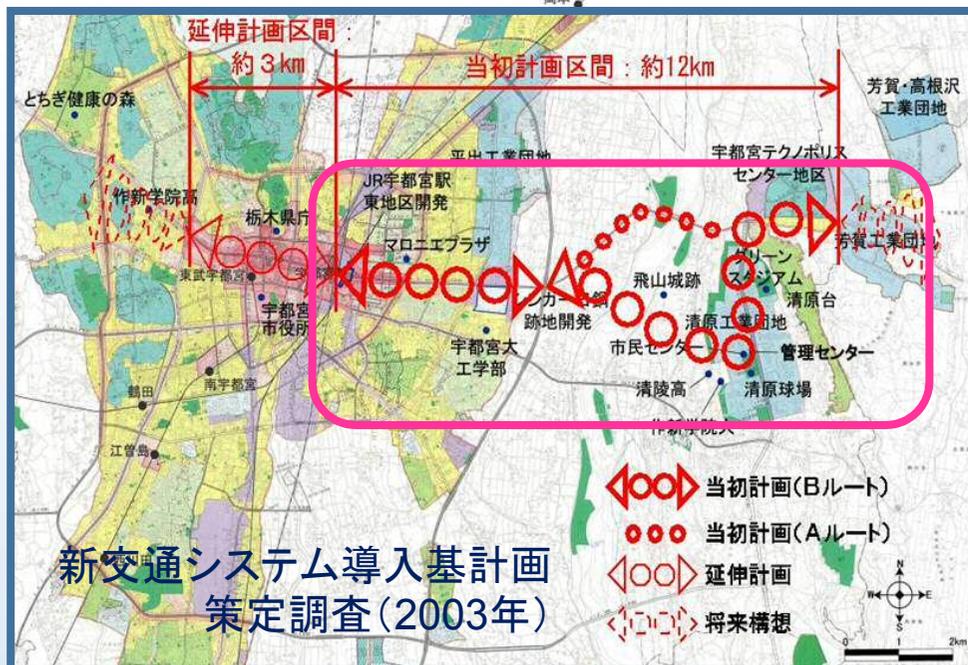
基幹公共交通 + 地域内交通



将来公共交通ネットワーク



LRT導入にむけての動き



- 宇都宮市のLRT計画から**県央エリア**の街を結ぶ**公共交通軸**の構築へ



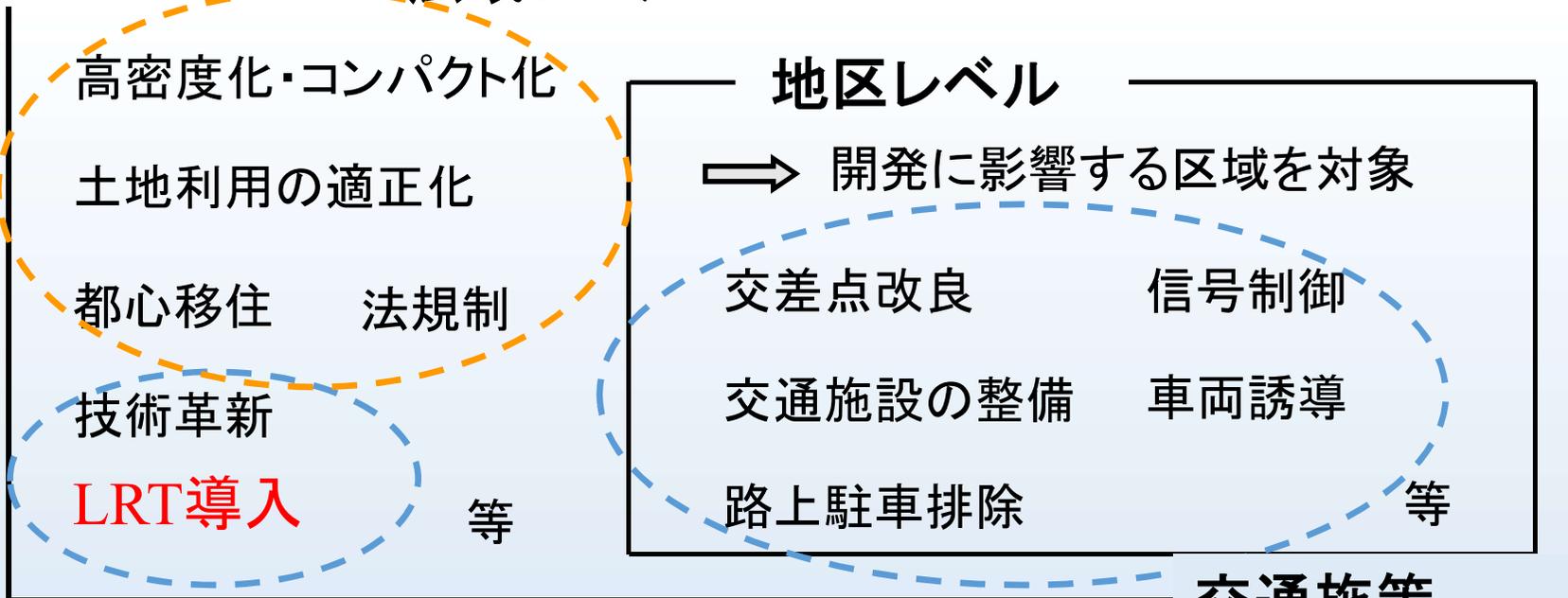


(4) 交通環境負荷の評価

土地利用施策

広域レベル

都市全体を対象



<広域レベルの環境評価>



交通エネルギー消費 推計法

- ・平均旅行速度
- ・エネルギー原単位

<地区レベルの環境評価>



交通エネルギー消費 推計法

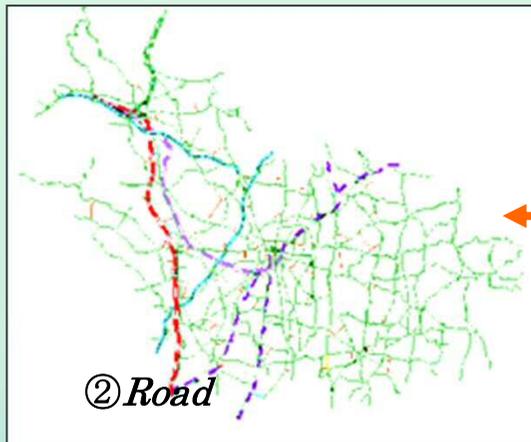
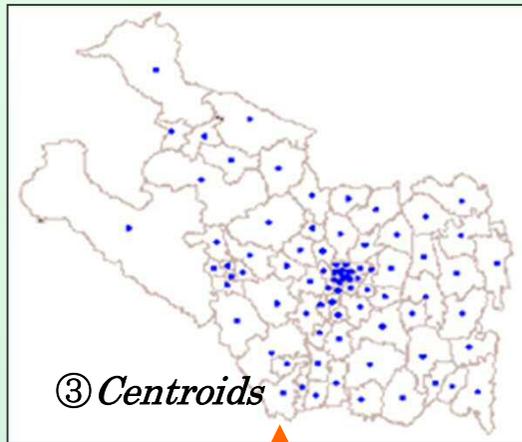
- ・交通流シミュレーション
- ・プローブカー



広域レベルの環境評価

■マクロ交通流シミュレータ

Input



宇都宮都市圏PT調査

道路交通センサス

Output

- 日交通量
リンク断面交通量
OD交通量

- 平均旅行速度
- 混雑度 など

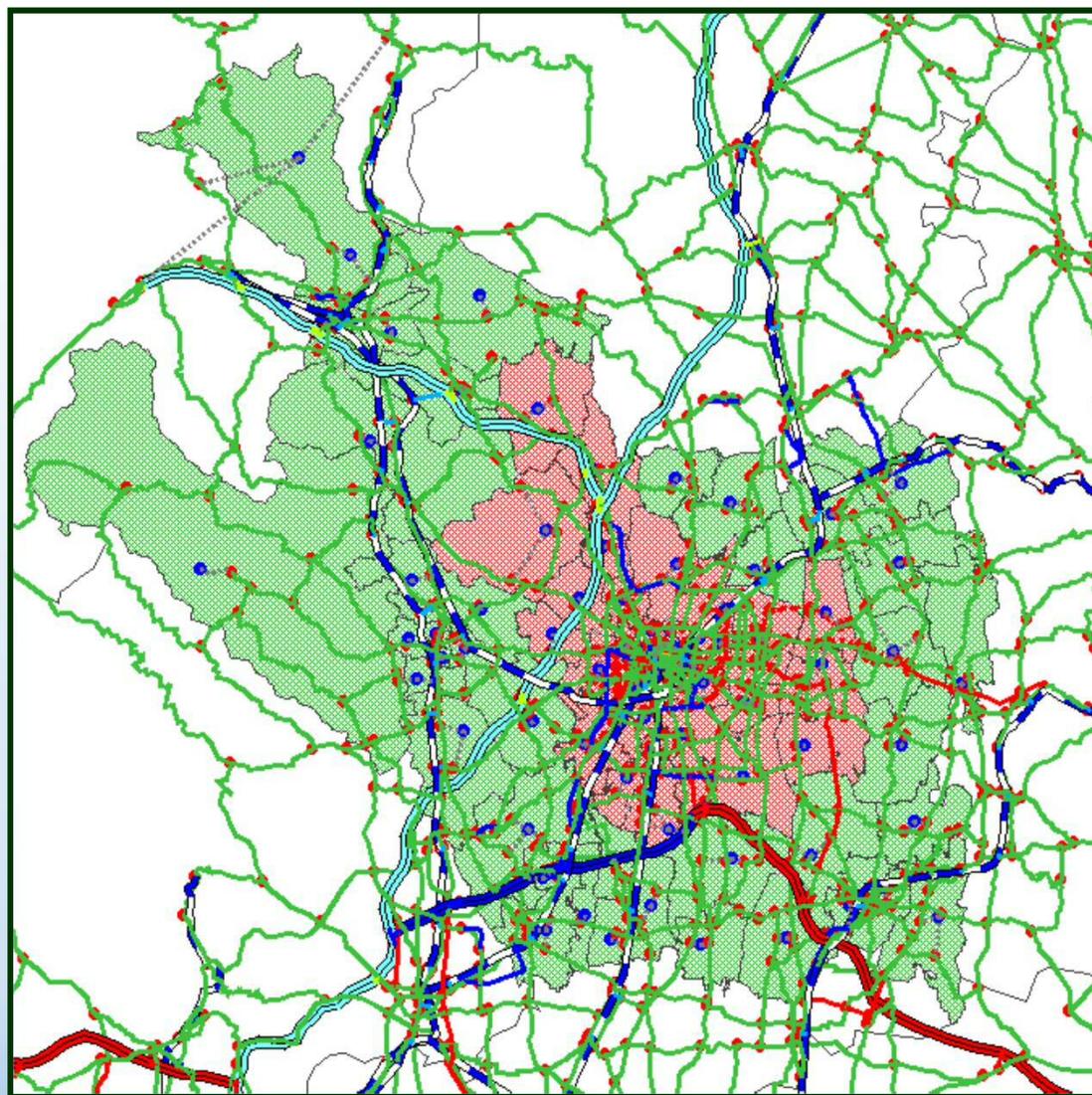
×CO₂排出原単位

CO₂排出量

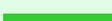
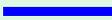
対象エリアのODを抽出
ミクロ交通流の再現に利用



ネットワークの作成

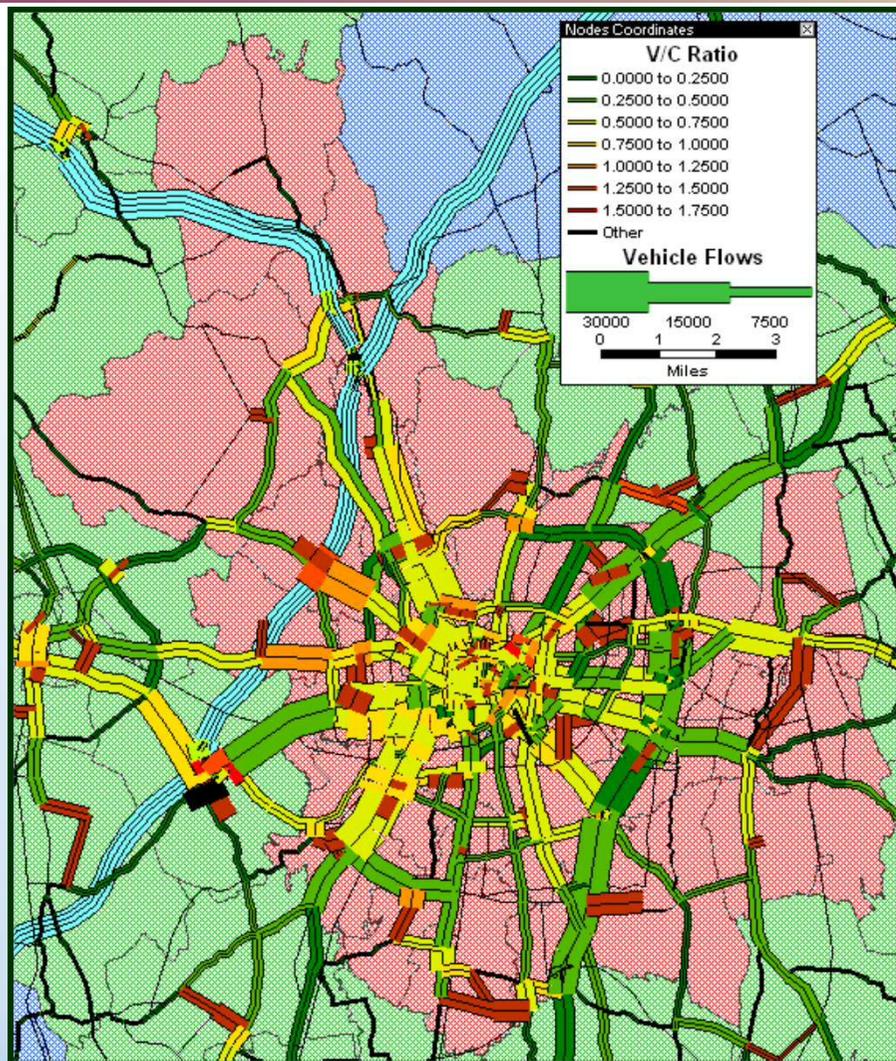


リンクの分類

-  1990年 一般道路 (2087)
 -  1990年 高速道路 (26)
 -  2007年 一般道路 (62)
 -  2007年 高速道路 (5)
 -  2050年 一般道路 (62)
 -  2050年 高速道路 (7)
 -  鉄道 (90)
- ()内はリンク数



2050年の都市全体のCO₂排出量



自動車からの排出量を 何もしない場合と比較

2050年(趨勢)

1244.8 t/day 786万台 36.93 km/h

平均トリップ長 1.253 km

2050年(LRT沿線集約型)

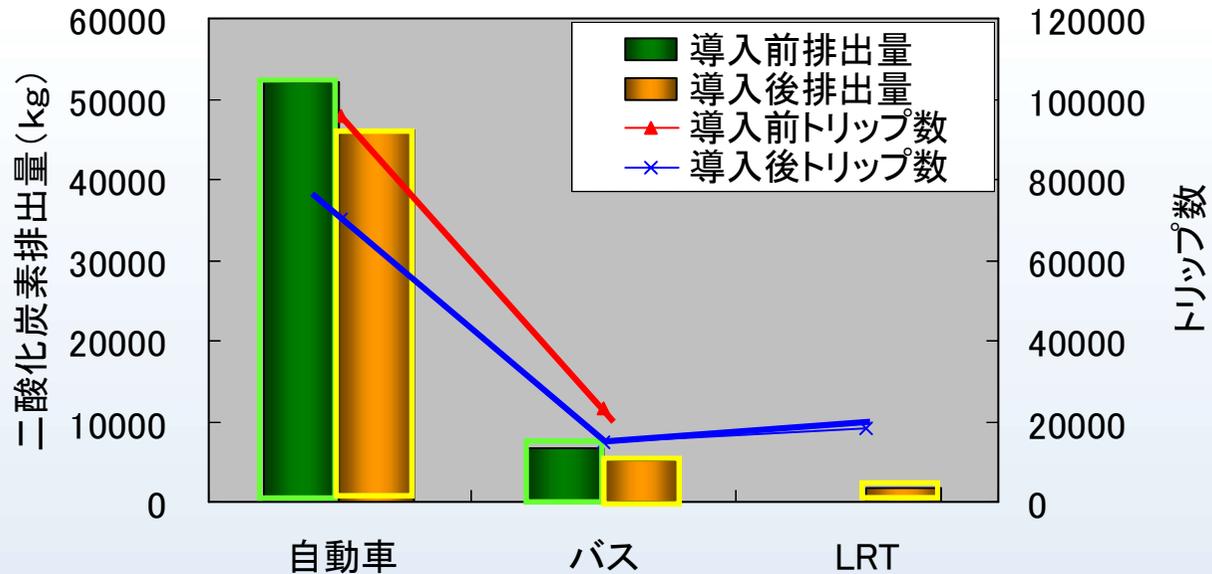
843.94 t/day 627万台 37.11 km/h

平均トリップ長 1.087 km

何もしない場合に比べて、コンパクトシティ政策が実現すると、30%以上削減



LRT導入区間の環境負荷推計



	自動車	バス	LRT	合計
導入前(kg)	52093	6651	—	58744
導入後(kg)	46231	5308	1805	53344
削減量(kg)	5861	1343	—	5400
削減率(%)	11.3	20.2	—	9.2

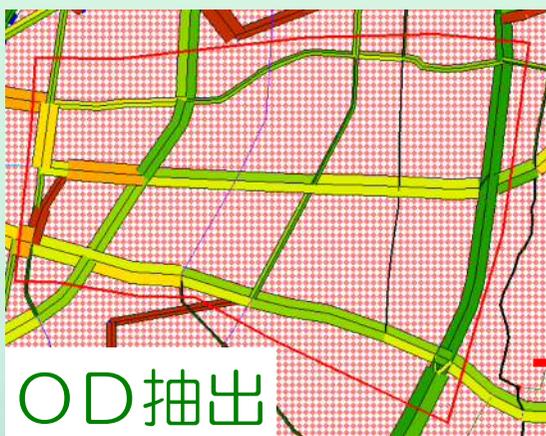
・LRT導入によりCO²排出量を**9.2%**削減





地区レベルの環境評価

ミクロ交通流シミュレータ



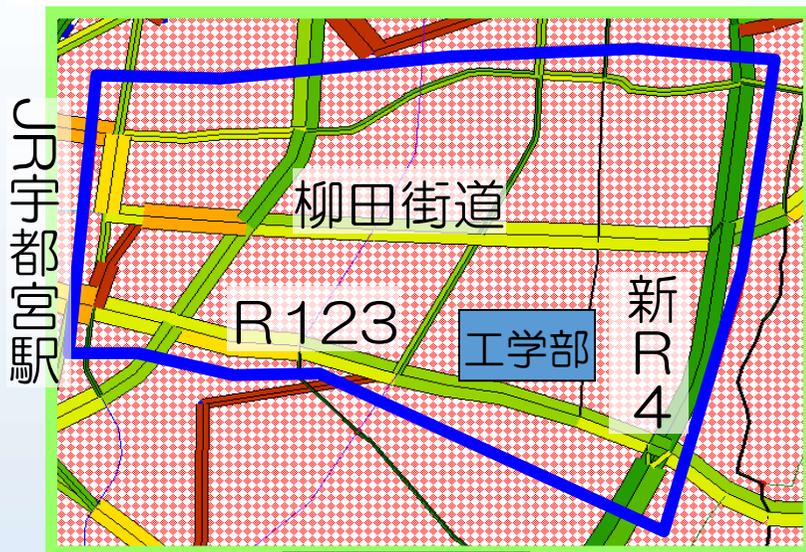
ダイレクトに利用





LRT沿線はどうなるのか？

JR宇都宮駅東口エリア



専用車線を占有するので、交通容量は低下

■再現ネットワークの作成



日OD交通量として抽出

■再現時間

平日8:00~9:00

$$t_{ij} = \alpha * T_{ij} \quad \left\{ \begin{array}{l} t_{ij} \text{ 時間交通量} \\ \alpha \text{ 時間比率} \\ T_{ij} \text{ 日交通量} \end{array} \right.$$

ミクロ交通流の再現へ



Waseda University

駅東再現エリア (LRT導入後)

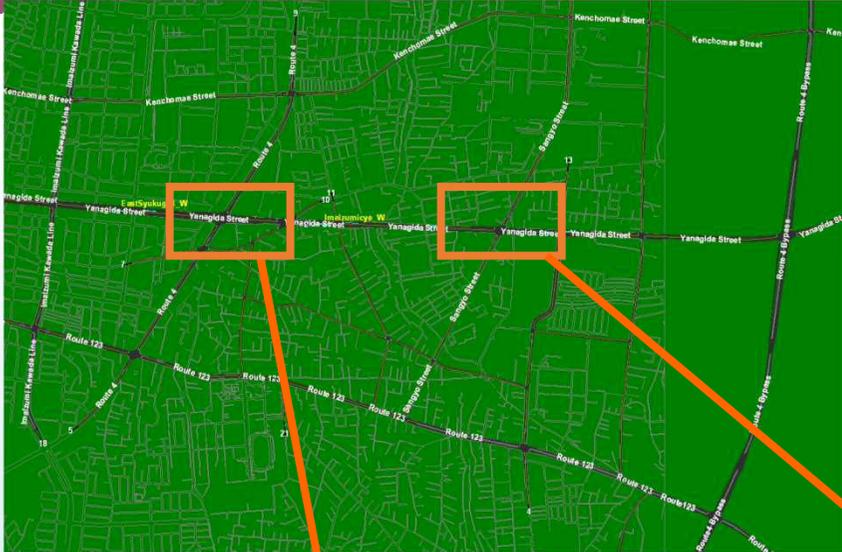
自動車のCO₂排出原単位

$$EF = b_1 \frac{1}{v} + b_2 v + b_3 v^2 + b_0$$

EF : CO₂排出係数原単位 (g-CO₂/km)
 v : 平均旅行速度 (km/h)
 b_n : 回帰パラメータ

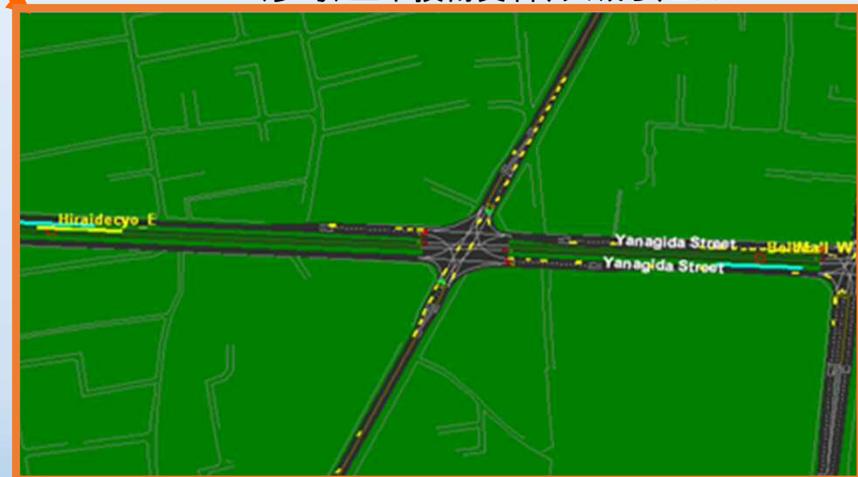
平均速度 (km/h)	排出量原単位 (g-CO ₂ /km・台)	平均速度 (km/h)	排出量原単位 (g-CO ₂ /km・台)
10	331	70	129
20	221	80	132
30	177	90	141
40	152	100	153
50	138	110	171
60	130	120	192

(参考) 土木技術資料、大城ら、2001



柳田街道 × R4 × LRT

Waseda Univ. A. Morimoto Lab.

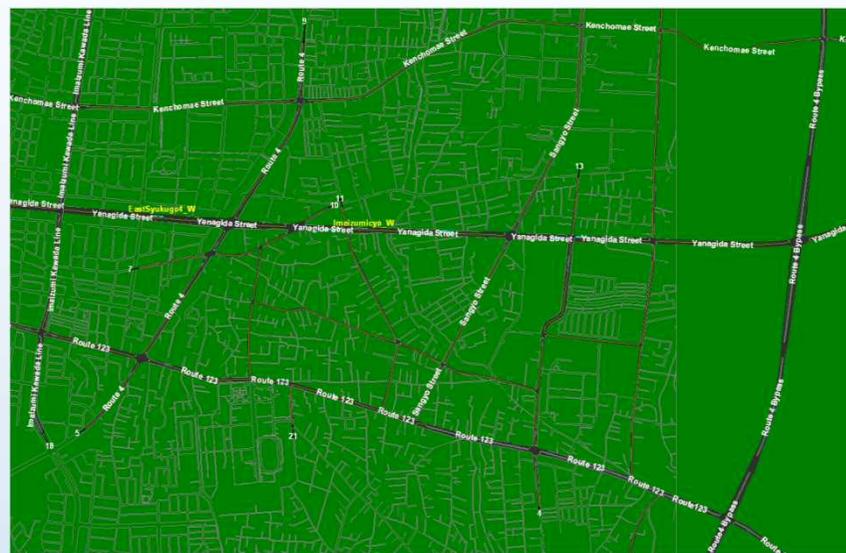


柳田街道 × 産業通り × LRT



LRT導入によるCO2排出量の変化

$$\text{CO}_2\text{排出量 (g)} = \text{CO}_2\text{排出係数 (g/台}\cdot\text{km)} \times \text{交通量 (台)} \times \text{道路延長 (km)}$$



現況ネットワーク

総道路延長	32 km	
平均旅行速度	36.3 km/h	合計
		8.591 t-CO ₂ /h

LRT導入後ネットワーク

総道路延長	32 km	
平均旅行速度	33.4km/h	合計
LRT軌道延長	3.57 km	8.815 t-CO ₂ /h



Waseda University

(5) 情報提供と市民合意



Virtual Reality



宇都宮まちづくり団体 (NPO)

CG動画



2010年
環境パン
フレット

brainstorming

CG動画の内容や情報の検討





環境PR動画の概要



画面左側 関係動画
静止画等



画面右側 棒グラフ
『宇都宮市民一人一日当たりの
二酸化炭素排出量』

取組みによる減少量分
棒グラフが下がる





Waseda University

PR活動と市民アンケート



○●日時・場所等●○

<日時> 2008年
11月1日(土)
10:00~14:00
宇都宮餃子祭開催時



<回収部数> 計 397票
餃子祭 330票 本科学学生 40票 その他 27票



4. 多様な交通戦略の実践

今あるバス交通施設をもっと便利に
現状の問題から解決へ

こんな状況くらい、
直して欲しい



横の協力体制

利用者の視点から

- 各社の連携
- 行政の協力



利用者はどこを見ればよいのか？



Waseda University

統合した時刻表

統合したバス停



バス発車予定時刻表 2006年04月01日 改正

時刻	平日用 JR宇都宮駅方面 工学部前
5	
6	16 30 31 36 47 51 56
7	02 12 15 19 28 30 30 34 37 39 45 45 47 49
8	00 05 09 15 25 31 34 37 40 42 47 59 59
9	11 15 29 42 44 52
10	01 10 11 14 35 42 47 55 59
11	11 15 17 34 47 57
12	00 11 17 20 30 39 41 59
13	02 11 20 27 39 42
14	11 14 20 27 39 42 47 54
15	01 02 10 11 20 21 39 40
16	00 09 10 11 12 17 22 25 37 39 44 46 55
17	01 05 11 22 22 25 34 37 54 58
18	00 09 14 17 24 25 31 36 45 52
19	12 19 26 31 47
20	02 06 31 56
21	31
22	

統合時刻表の見方

経由地 → 07 → 行先
 ↑
 発車予定時刻

行先 緑色: 東野バス(JR宇都宮駅西口経由宇都宮東武行き)
 赤色: JRバス(JR宇都宮駅西口経由作新学院、JRバス車庫行き)
 青色: 関東バス(JR宇都宮駅東口行き)
 ※: 清泉女子学院休校日運休

経由地 東野バス(028-661-2251) JRバス(028-648-0489) 関東バス(028-633-3482)

◆道路事情等により、バスの運行に遅れが生ずることがございますのでご了承ください。



Waseda University

公共交通の重要性をPR バス利用の呼びかけ(MM)

時刻表のほかに
「かしこいクルマの使い方」
パンフレットを配布

A社の利用者数
1年前の同月と比較して
16%の増加



国道123号線の峰・石井・陽東地区の住民に配布



2006年度実施



Waseda University

市民の自宅近くまでは、小回りのきく 小型のバスサービスを

- 2008年1月運航開始
- ジャンボタクシー
9人乗り
- 1日8便、150円/回
- 定期：2000円/月



清原地区：2万4千人(H23)

運行経費(自治会出資金、協賛金)

清原さきがけ号

高齢者のための動くサロンとしての位置づけも！

Waseda Univ. A. Morimoto Lab.



地域内交通の整備拡大

地域内交通の取組み

「篠井はるな号」

平成24年11月 本格運行開始

「わくわくとみや号」

平成24年11月 試験運行開始

「くにもとふれあい号」

平成24年10月 本格運行開始

「古賀志孝子号」

平成23年12月 本格運行開始

「よこかわいきいき号」

平成24年12月 試験運行開始



「かみかわち愛のりユッピー号」
平成25年10月 試験運行開始

「板戸のぞみ号」
平成22年4月 本格運行開始

「清原さきがけ号」
平成20年8月 本格運行開始

「みずほの愛のり号」
平成24年4月 本格運行開始

現時点での整備個所: 9地区まで拡大



自転車が走行する空間を創る 自転車専用レーンを導入



2005年度・2006年度に総延長4.6kmの区間について順次カラー塗装を行う。自転車と歩行者の関係する事故は、カラー舗装施工の前年度が計13件。施工後の年度は計8件で、**約4割減少**した。

①車道通行

②左側通行

この2点を順守させることで事故が減少すると証明された

自転車事故を減らした
宇都宮の「青の効果」

読者諸氏よ、驚け。餃子の街・栃木県宇都宮市は、市内に4.6Kmも自転車レーン等を引っ張り、その結果、自転車事故を4割も削減したぞ。



足田智

1966年茨城県生まれ。NPO自転車活用推進研究会 理事にして、本誌はじめ多くの媒体で活躍中の「自転車ツーキニスト」。専業がTBSプロデューサーということもあり、自転車に関するTVの発知には、日々隅から満腹をたべている



Waseda University

自転車レーンのネットワーク化へ

平成15年に自転車利用・活用計画策定後
整備を進めている宇都宮市



整備延長
約13Km



自転車レーン総延長
東京都 14.0 km (全国5位)
(2012年度末 警察庁)



Waseda University

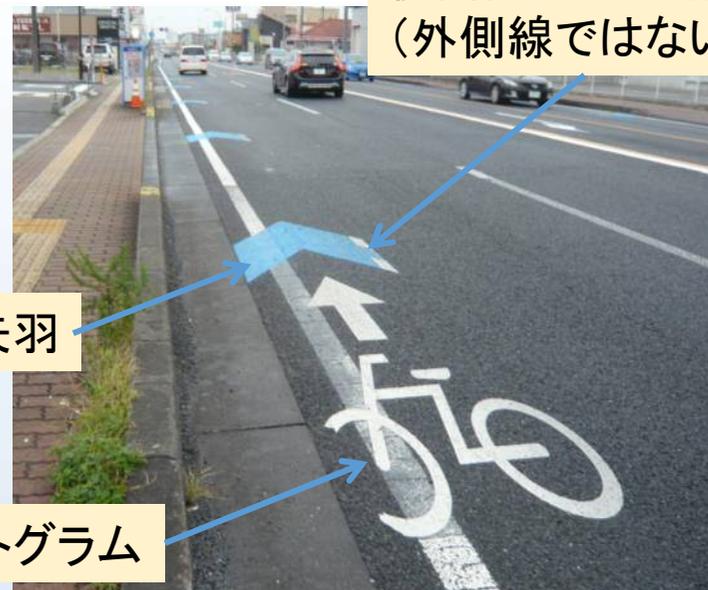
交通量の多い国道も対象へ

・国道4号の自転車走行位置の明示の社会実験(2013.2~)

交通量が多く、十分な幅員が確保できない場合にも対応する



Waseda Univ. A. Morimoto Lab.



夜間安全の反射材
(外側線ではない)

矢羽

ピクトグラム



二段階右折の滞留スペース



自転車の駅を創設



無料休憩スペース
シャワー、トイレ
自転車修理工具
ロードバイク貸出

2010/10/2 OPEN
宮CYCLEステーション
場所: 宇都宮駅西口

運営(当初); 街づくり推進機構

運営(現在); 宇都宮ブリッツェン



公共施設 9か所, 観光施設 2か所
民間施設(コンビニ等) 27か所

2014.3 現在



宇都宮ブランドの発進

□ブランド・メッセージと交通

2011年 宇都宮まちづくり推進機構



乗れば愉快だ 宇都宮



走れば愉快だ 宇都宮



歩けば愉快だ 宇都宮





5.おわりに

未来の都市づくり

個々の施策を統合した
具体的な整備イメージ



行政



情報提供

施策A



市民

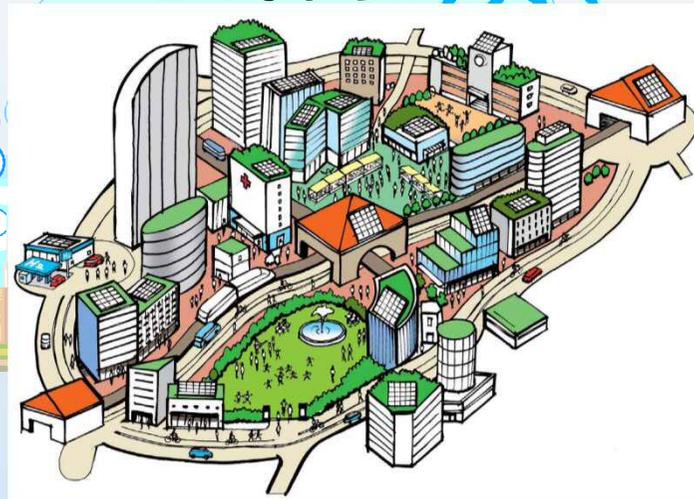
施策B



施策C



多様な交通が利用可能な街
どんなまちが



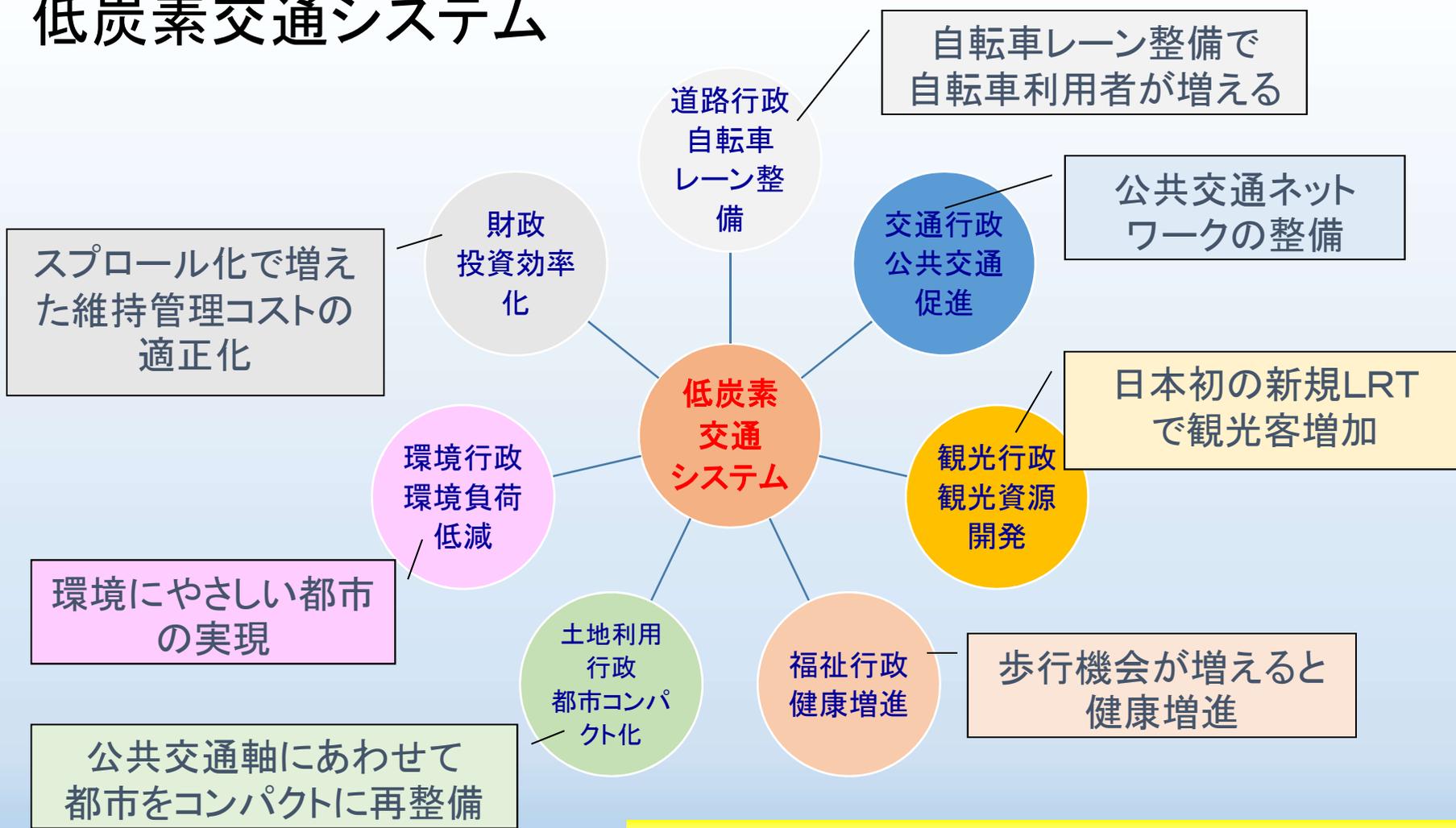
多様な施策を戦略的に実施することで

低炭素交通システムを創る



加えて、政策間の連携

低炭素交通システム



低炭素社会にむけて政策連携が必要



Waseda University

2020年の都市像の共有へ

2010年頃のイメージ(現況)



環境に優しい街へ

2020年頃のイメージ



2030年頃のイメージ



十分な説明

コミュニケーション



多様な意見