

行動モデルの実務への展開

一般財団法人計量計画研究所 (IBS)

石井 良治



本日の発表の構成

1. これまでの実務での活用例
2. これからの実務での展開
3. 事例
 - ① アクティビティモデル
 - ② 回遊行動モデル
4. おわりに

これまでの 実務での活用例

行動モデルの実務上での意義

- 行動のメカニズム理解

- どのような属性の人がどのような要因で各種行動を行っているのかの基本的な理解

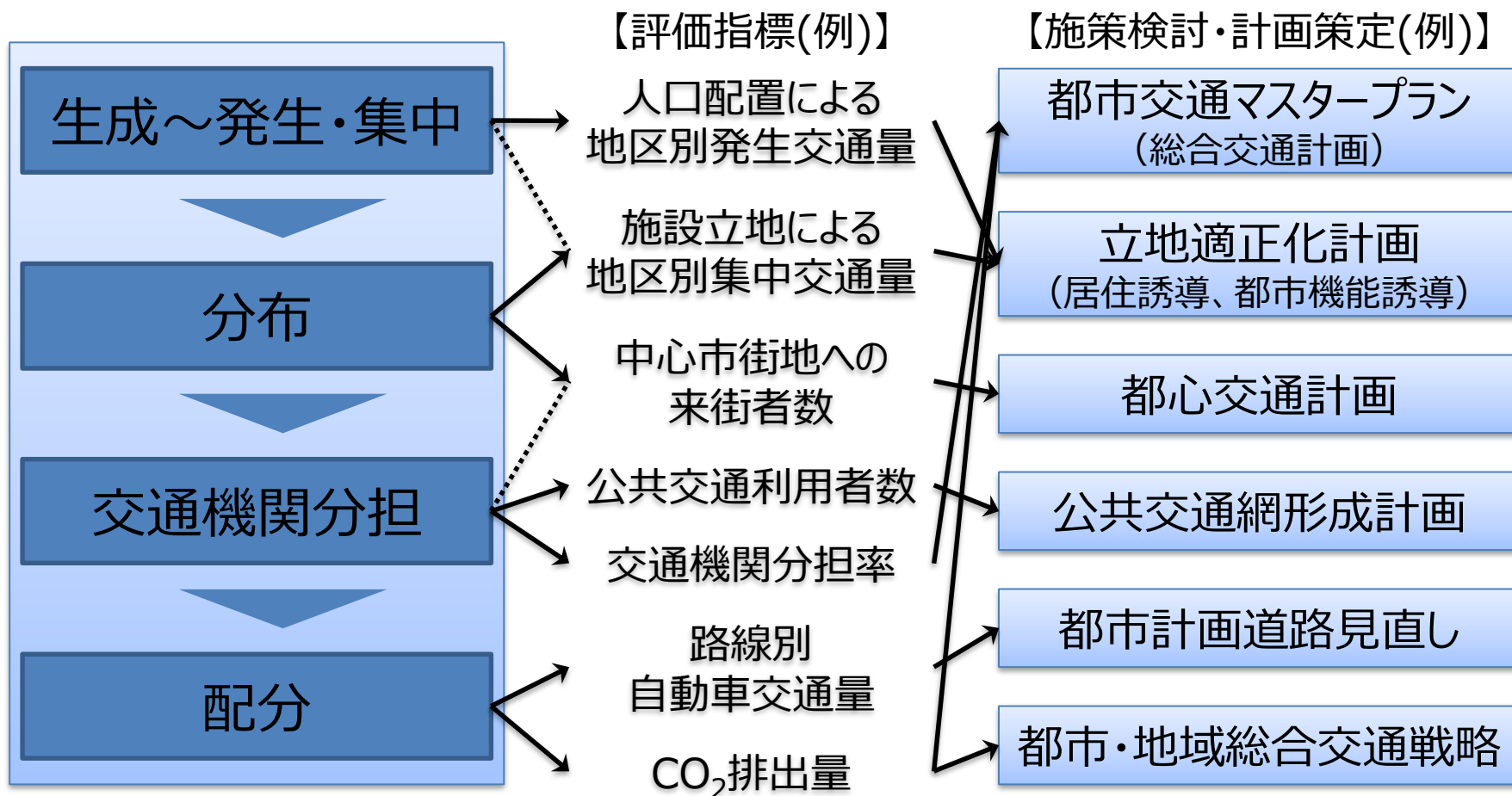
- 施策の効果や影響の推計

- 施策（インプット）に対して、人の行動や交通量（アウトプット）がどのように変化するかを推計
- 施策やプランの検討材料として、時にはインフラ整備の根拠に

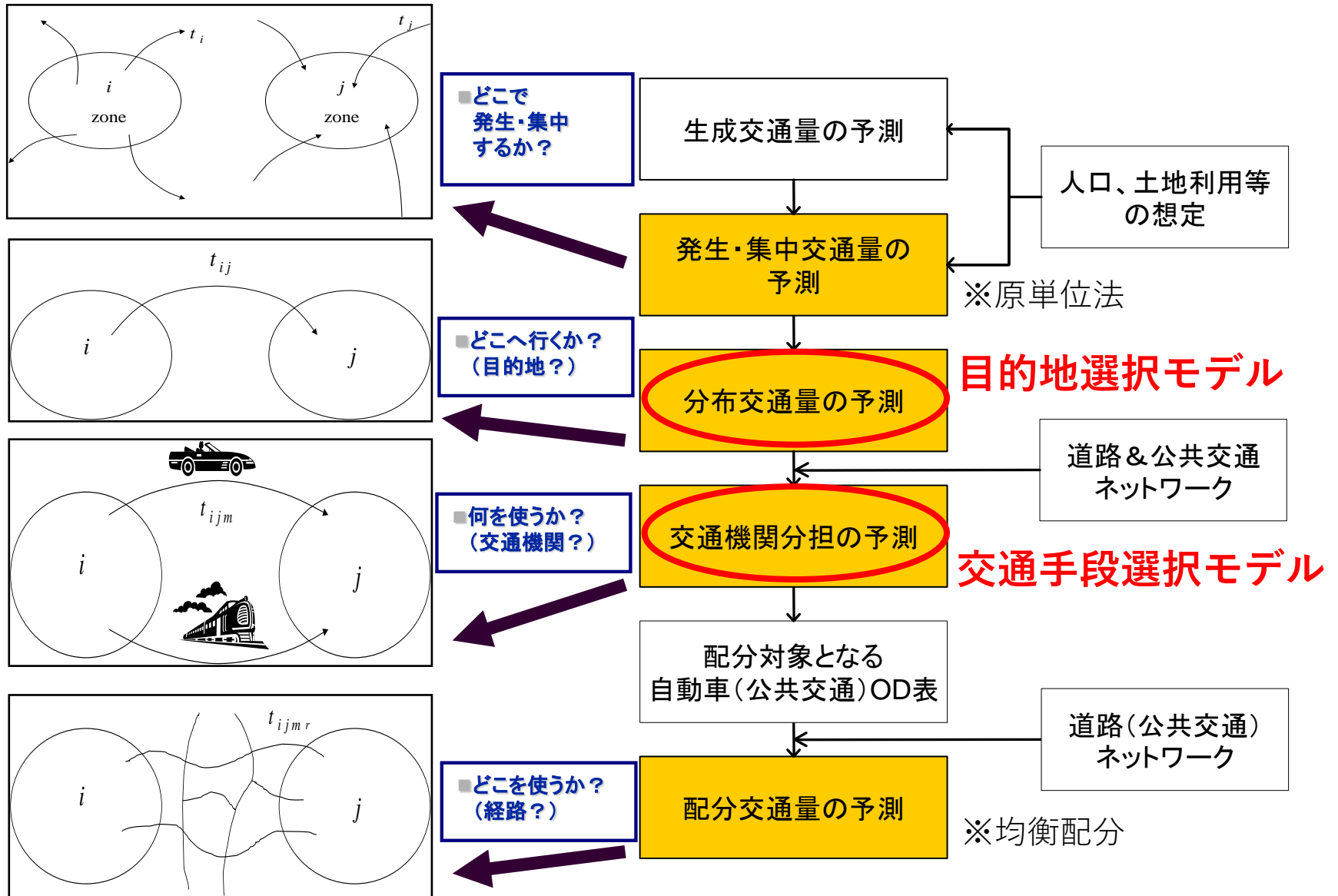


四段階推定法での適用

推計した評価指標は様々な計画立案に活用されてきた



参考：四段階推定法の手順

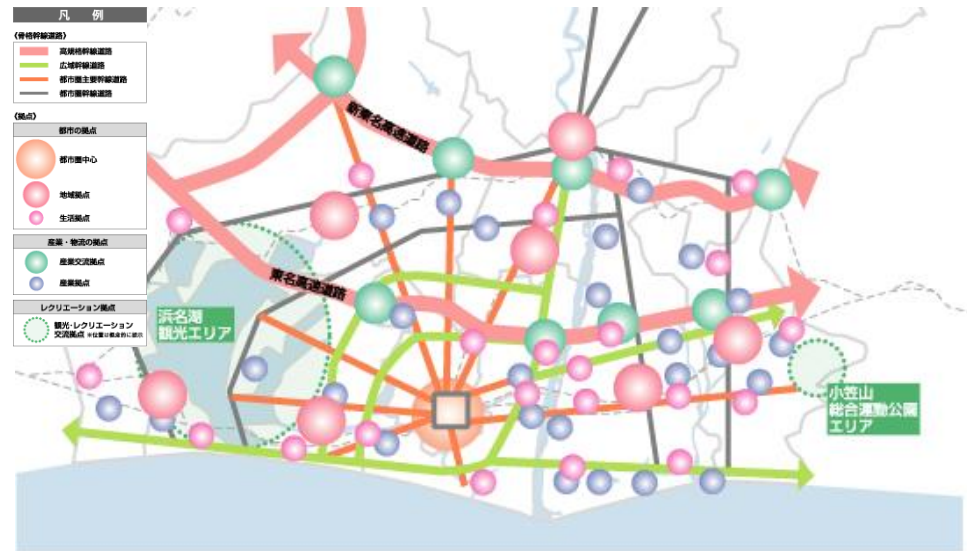


適用例①：西遠都市圏P T調査

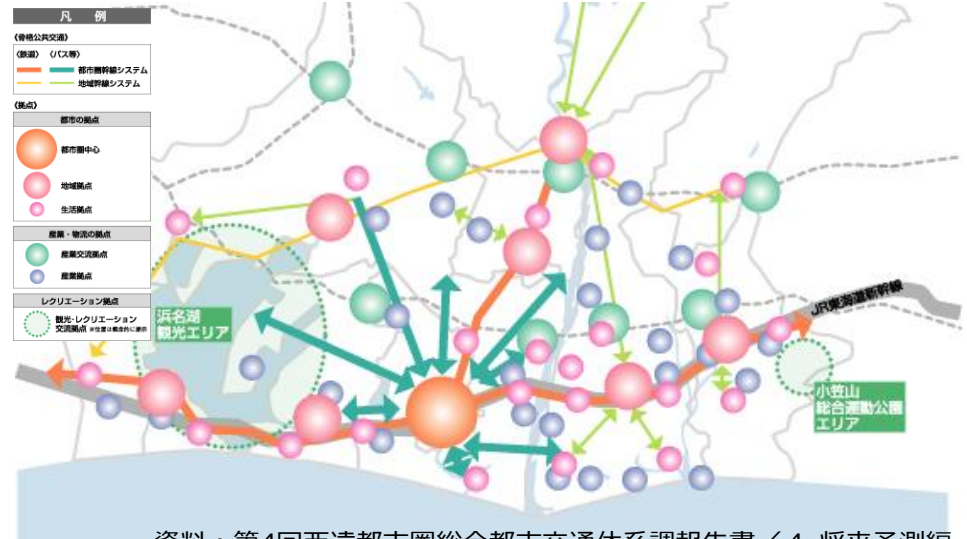
将来都市構造



道路ネットワーク



公共交通ネットワーク



適用例①：西遠都市圏P T調査

参考：パラメータ

目的地選択モデル

		通勤目的	通学目的	私事目的	業務目的
パラメータ及びt値	ゾーン間期待最大効用	—	—	+1.000 (+184.14)*	+0.916 (+63.82)*
	ln(ゾーン面積)	—	—	+1.000 —	+1.000 —
	ln(夜間人口密度)	—	—	+0.387 (+38.22)*	+0.147 (+8.08)*
	ln(第2次産業従業人口密度)	—	—	— —	+0.044 (+5.83)*
	ln(第3次産業従業人口密度)	—	—	+0.539 (+82.88)*	+0.521 (+43.33)*
サンプル数		—	—	7,824	7,726
尤度比		—	—	0.254	0.167
実績値と現況再現値の相関係数		—	—	0.644	0.709

適用例①：西遠都市圏P T調査

参考：パラメータ

代表交通手段選択モデル

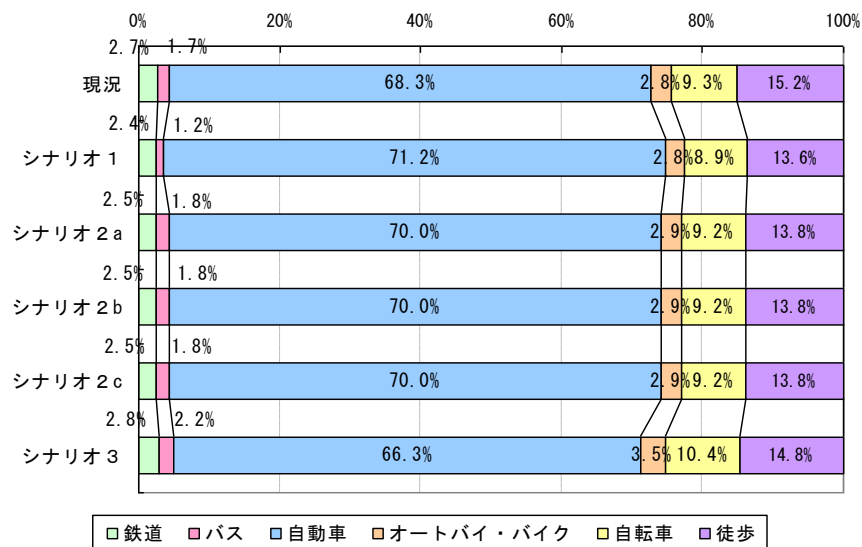
		通勤目的	通学目的	私事目的	業務目的	
パラメータ及びt値	鉄道以外共通	ゾーン間所要時間 [分]	-0.075 (-72.97)*	-0.067 (-46.17)*	-0.057 (-49.60)*	-0.061 (-20.08)*
	鉄道	ゾーン間期待最大効用	+0.982 (+36.67)*	+0.555 (+19.80)*	+0.737 (+23.24)*	+0.987 (+9.09)*
		鉄道固有定数	-5.180 (-95.37)†	-6.648 (-52.06)†	-6.159 (-53.34)†	-8.499 (-17.27)†
	路線バス	ln(運行頻度) [本/日]	+0.749 (+18.75)*	+0.276 (+7.42)*	+0.533 (+17.10)*	+0.525 (+4.61)*
		路線バス固有定数	-4.373 (-26.71)†	-4.045 (-29.10)†	-4.038 (-30.69)†	-4.689 (-9.81)†
	自動車	自動車固有定数	-0.007 (-1.91)‡	-4.172 (-55.09)†	+0.262 (+6.76)†	+1.303 (+12.00)†
	オートバイ	オートバイ固有定数	-1.997 (-74.53)†	-5.629 (-55.39)†	-3.068 (-64.98)†	-1.974 (-18.72)†
自転車	自転車固有定数	-1.398 (-48.90)†	-2.210 (-46.21)†	-1.464 (-43.34)†	-1.671 (-16.74)†	
サンプル数		10,026	2,419	7,824	7,726	
尤度比		0.639	0.340	0.618	0.846	
実績値と現況再現値の相関係数		0.948	0.854	0.962	0.981	

鉄道駅選択モデル

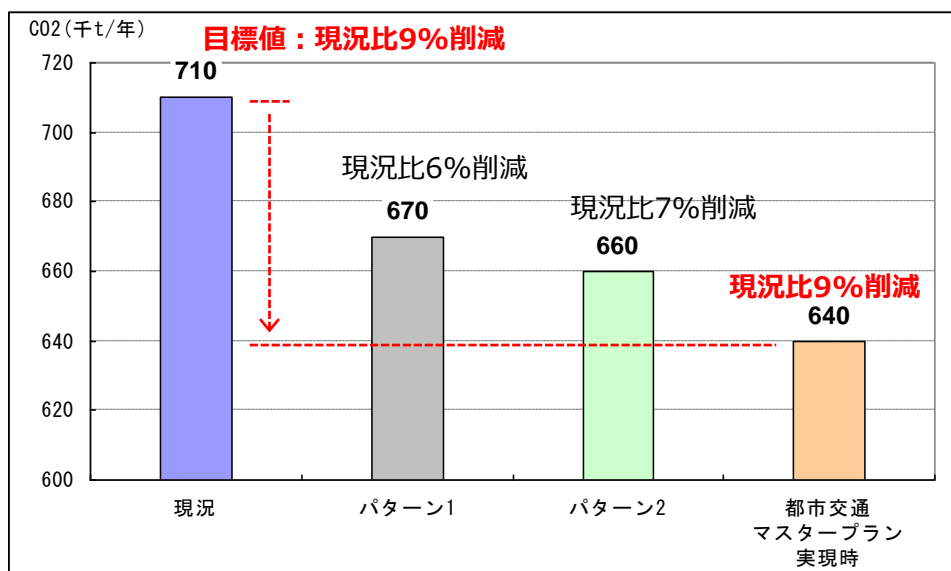
		通勤目的	通学目的	帰宅目的	私事目的	業務目的
パラメータ及びt値	鉄道乗車時間 [分]	-0.040 (-4.73)*	-0.014 (-1.72)‡	-0.025 (-4.67)*	-0.026 (-2.07)‡	-0.050 (-2.52)*
	ln(駅間運行頻度) [本/日]	+0.379 (+2.82)*	+0.627 (+4.48)*	+0.507 (+5.26)*	+0.720 (+2.83)*	+0.671 (+1.53)‡
	鉄道乗り換え回数	-2.610 (-14.20)*	-2.973 (-14.02)*	-2.787 (-21.60)*	-3.517 (-9.90)*	— —
	アクセス端末期待最大効用	+1.000 (+21.18)*	+1.000 (+20.50)*	+1.000 (+25.96)*	+1.000 (+14.51)*	+1.000 (+5.91)*
	乗車駅駅前広場有無	— —	— —	— —	— —	— —
	イグレス端末期待最大効用	+1.000 (+16.04)*	+0.781 (+17.70)*	+1.000 (+30.96)*	+1.000 (+13.52)*	+1.000 (+4.86)*
	降車駅駅前広場有無	— —	+0.431 (+3.84)*	— —	— —	+1.167 (+3.96)*
サンプル数	891	854	2,016	481	68	
尤度比	0.513	0.522	0.509	0.519	0.442	
実績値と現況再現値の相関係数	0.992	0.983	0.991	0.990	0.998	

適用例①：西遠都市圏P T調査

シナリオによる交通手段分担率の変化



シナリオによるCO2排出量の変化



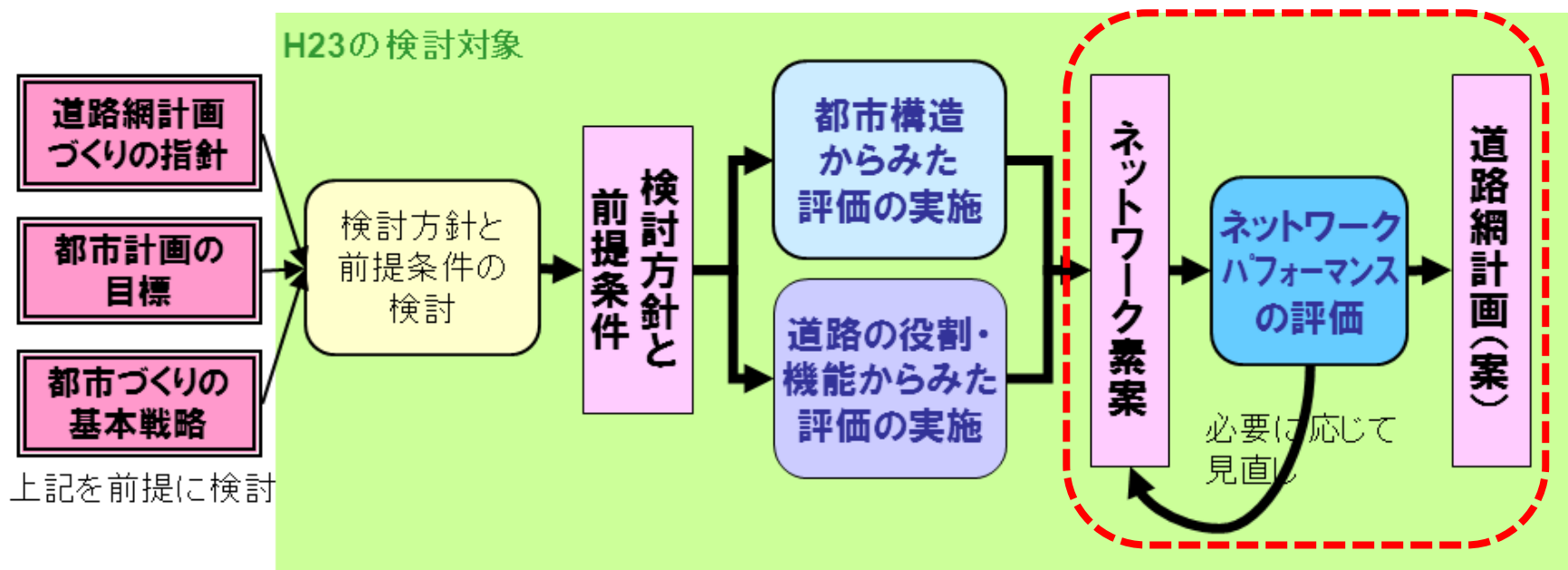
そのほか評価の視点

	都市交通マスタープランの目標	期待される効果	評価指標 (案)	都市交通マスタープラン実現時の状況
交通ネットワーク	公共交通及び交通結節点の利便性を高め、利用を促進	拠点への公共交通でのアクセス性の向上	・拠点等まで公共交通 30分圏域 ・夜間人口カバー率	事業の見通しが現況の水準で推移する場合より 1.14倍 に増加
		公共交通利用者の増加	・公共交通利用者数 (代表手段公共交通トリップ数)	事業の見通しが現況の水準で推移する場合より 1.43倍 に増加
	効果的・効率的な道路整備を推進し、自動車交通を円滑化	道路交通の混雑緩和	・地域混雑度 1.0以上 ・ゾーン数	現況より 約6割 減少
		広域アクセス性の向上	・高速道路 IC まで 30分圏域従業員人口割合	事業の見通しが現況の水準で推移する場合より 1.74倍 に増加

適用例②：さいたま市都市計画道路

- 新たな道路網が、さいたま市全体の自動車交通の流れにどのような影響を及ぼすのかを評価する。
- 「産業力の強化」、「都市活動の低炭素化」、「良好な生活環境の形成」の代理的な指標として、市全域の平均旅行速度、CO₂排出量、移動時間で評価

検討のフロー

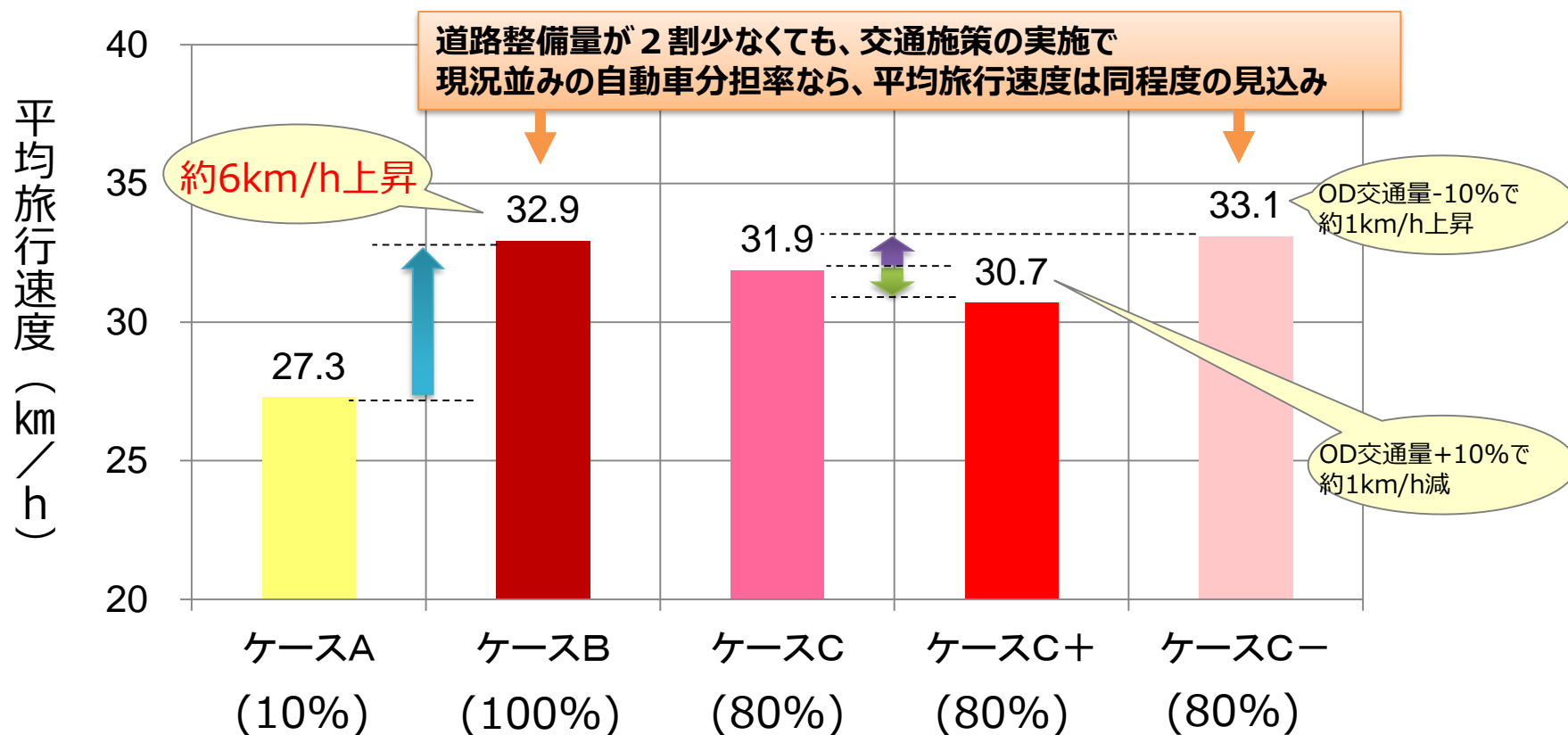


ネットワークパフォーマンスの評価の検討対象

適用例②：さいたま市都市計画道路

○見直しネットとした場合であっても、様々な交通施策もあわせて総合的に実施することで、フルネットワーク並の走行速度を発揮しうる。

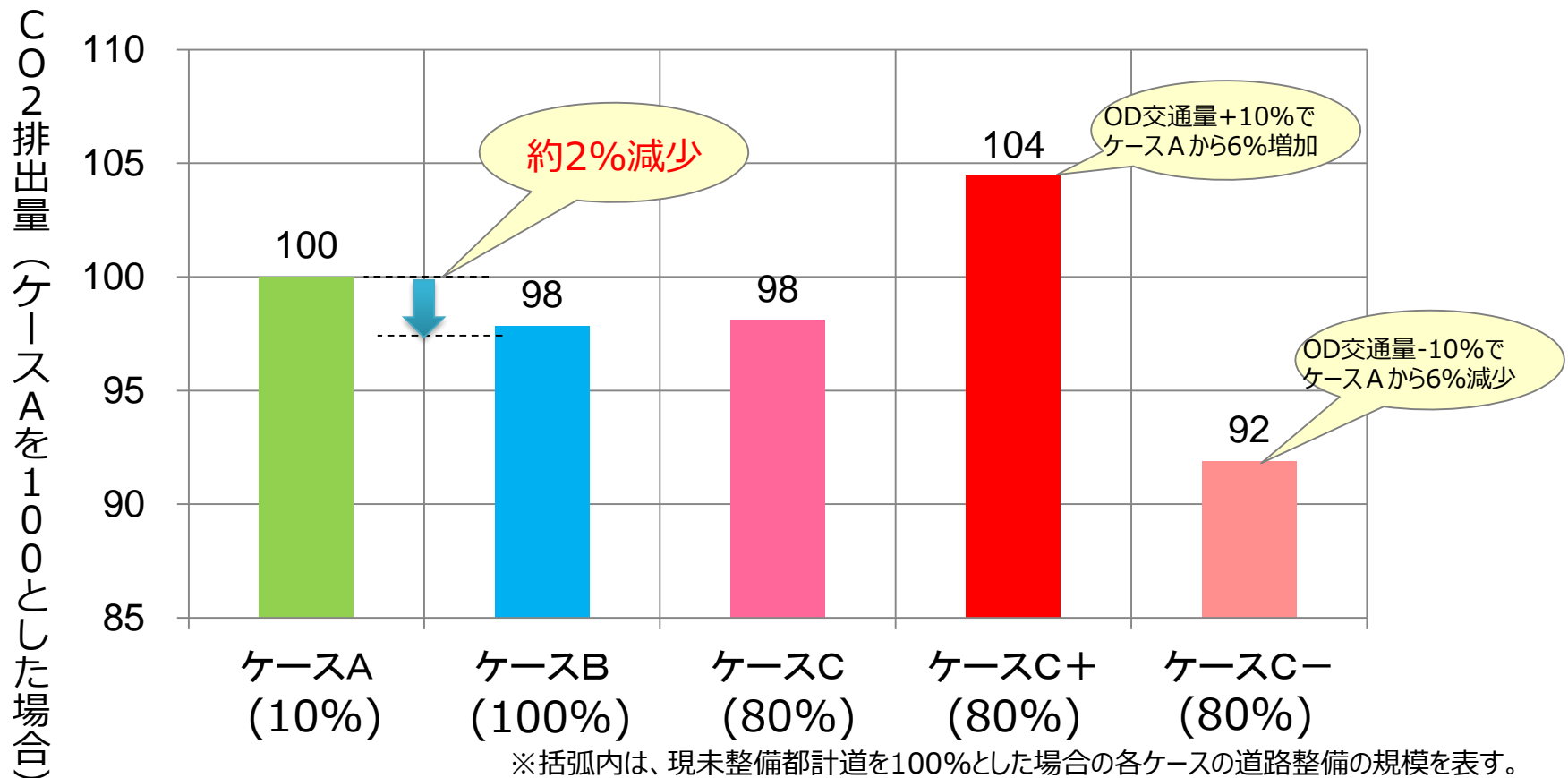
- ・ケースBとケースCはほぼ同程度の速度であり、ケースAから大幅に改善する見通しである。
- ・ケースC-は、ケースBよりも走行速度が改善する見通しである。



※括弧内は、現未整備都計道を100%とした場合の各ケースの道路整備の規模を表す。

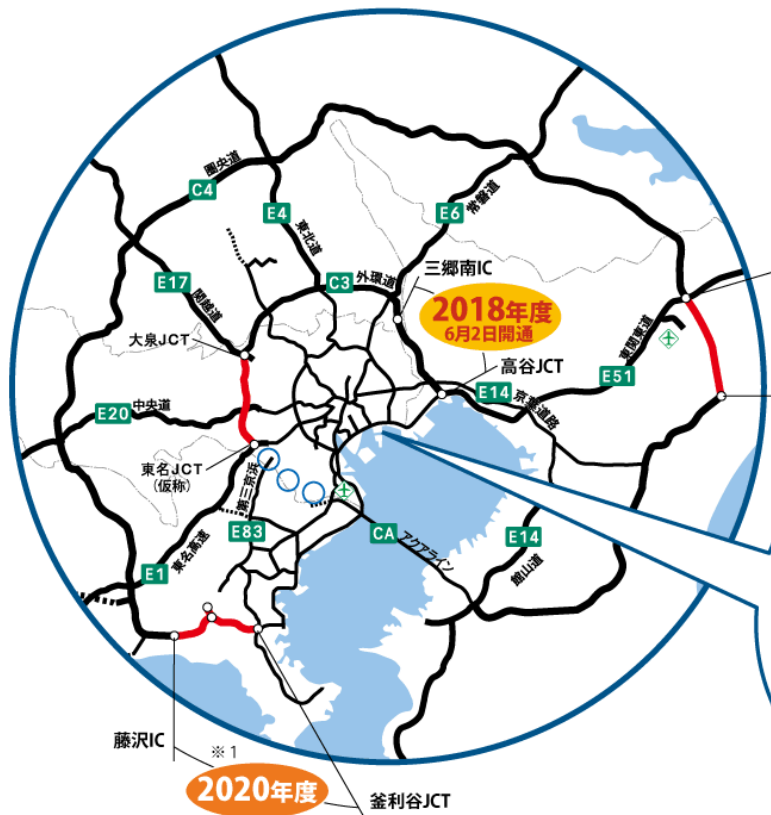
適用例②：さいたま市都市計画道路

○CO₂排出量の削減効果は、OD交通量の増減に大きく影響を受けるものであり、一般道の整備のみによる削減効果は限定的。

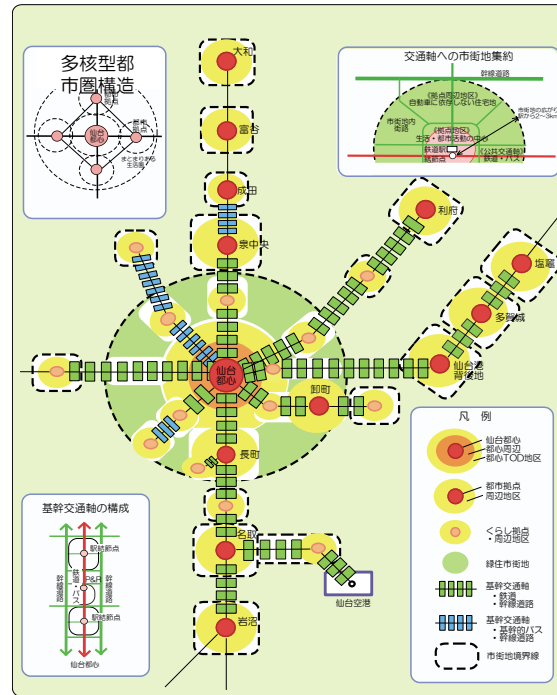


これからの 実務での展開

インフラの整備は進展



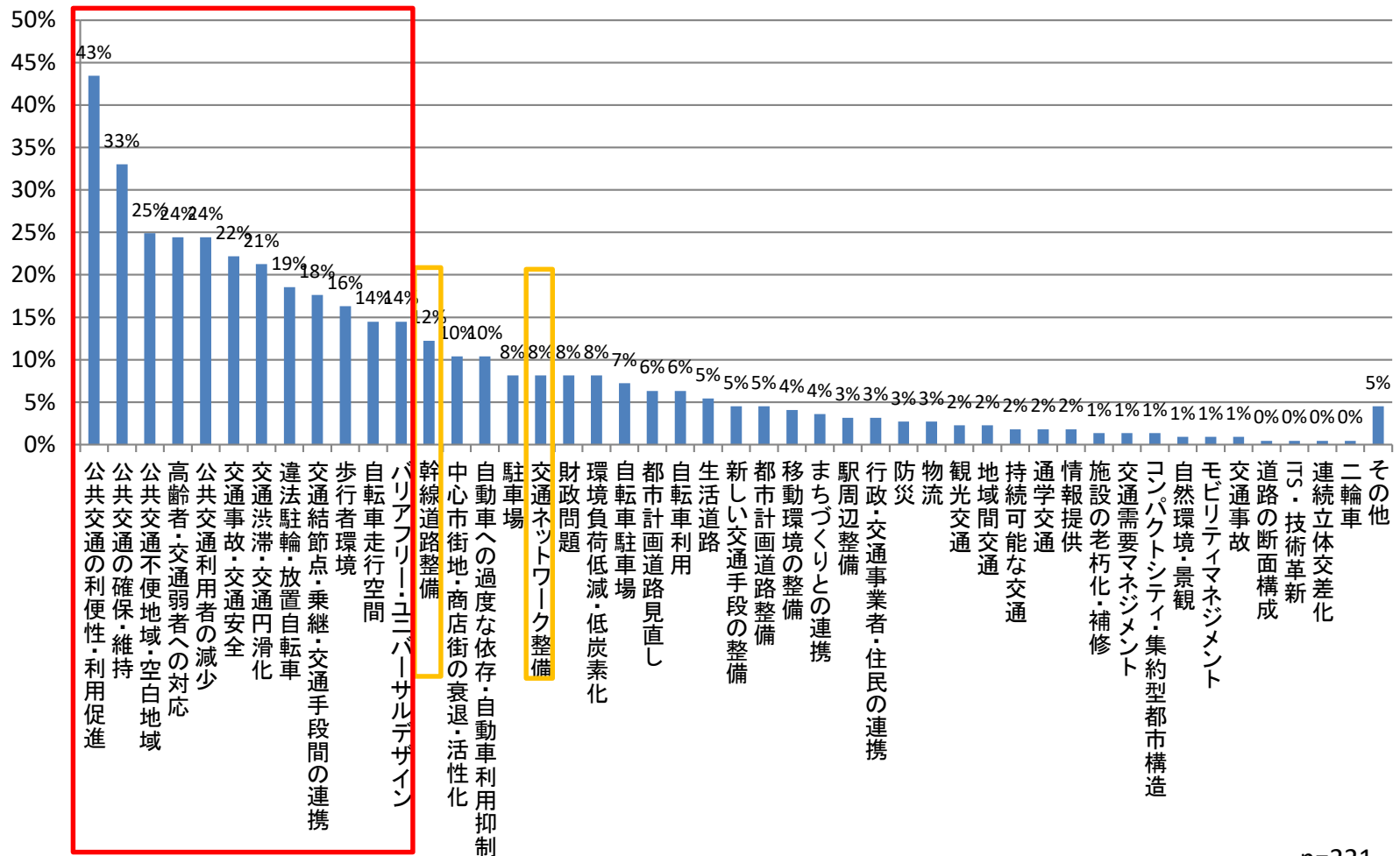
出典：国土交通省関東地方整備局ホームページ



出典：仙台市交通局

施策のニーズが多様化

短期的・ミクロ的な施策ニーズが増加

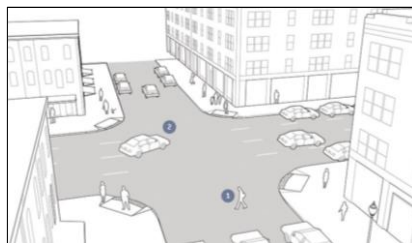


n=221

出典：今後の望ましい都市交通調査手法に関する検討調査報告書（H26）、国土交通省都市局都市計画調査室
 ※全国の都道府県及び10万人市区町村の都市が対象

施策のニーズが多様化

ウォークブルな取組



出典：NACTOホームページ



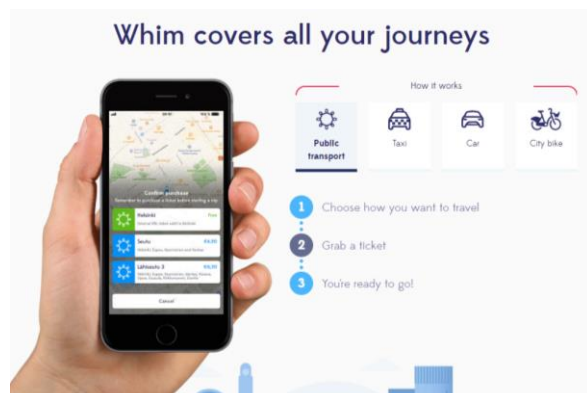
松山：みんなのひろば

出典：みんなのひろばホームページ

新モビリティ



出典：Zmp ホームページ



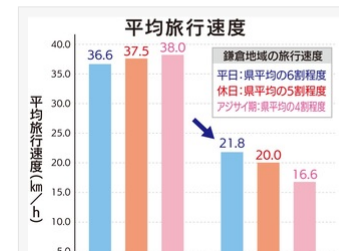
出典：Whim ホームページ

プライシング

ロードプライシング 実現へ国に支援要望

今年中の導入は困難に
社会

鎌倉市は1月15日、課金による自動車交通量の抑制策「ロードプライシング」の早期実現に向けて支援を求める要望書を、国土交通省に提出した。法制度や技術面での課題が多いことから、市単独での検討に限界があり、今後は国の支援も得ながら



出典：タウンニュース鎌倉版ホームページ

行政だけでなく民間との協力が不可欠に

行政が事業に取り組むための計画

- 幹線公共交通ネットワークの抜本再編（LRT等）
- 道路ネットワークの見直し
- 行政が、市民の意見を踏まえて、主体的に取り組む

市民や民間団体等とともに取り組むための計画

- まちのリノベーションとの連携
- タクティカルアーバニズムとの連携
- ポツポツおきてくる活動と整合とりにくい
- 市民と行政がともに歩む

多様な評価を行うことが重要に

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



都市や交通で評価すべき内容

従来型の 評価指標

交通手段
分担率

OD交通量

配分
交通量

混雑率

暮らし

高齢者

- ✓ 移動制約が、高齢者の活動機会を奪わないように
- ✓ 免許返納が進むと自動車を使わない高齢者が増加
- ✓ 健康づくりのための移動環境を

子育て
世帯

- ✓ 共働きの家族が、子育てしやすくなるように
- ✓ 子供が一人でも移動しやすい移動環境を

活力

交流の規模、消費額 など

防災

災害ハザード内人口 など

エネルギー・環境

CO2、エネルギー消費量 など

不確実性の高い時代に

技術の変化が早く、また様々なリスクが顕在化し、 トレンドだけで将来を描くことは難しくなっている

- テクノロジーによる活動の変化（スマホ、リモートワーク等）
- 民間による新たな交通サービスの導入
- 移動・活動の広域化・グローバル化
- 災害の激甚化、感染症リスク

とはいえ、持続可能な地域をつくるために、長期的な 将来を見据えることは重要

- 将来のことは分からないから、ということで都市や交通のプランニングをしない、ということはないように
- 関わる様々な主体が、同じ方向を向いて取組むためにも、客観的事実に基づく、共通理解の醸成が必要
- 共感を生むために、どのような施策・外力がどのような人のどのような行動変化を引き起こすか、というストーリーが重要

行動モデリングに対する期待

① 取り組む施策の変化

- インフラの整備は進展、人口減少
- 施策のニーズが多様化、時間的に再配分する
- 行政だけでなく民間との協力が不可欠に

② 多様な評価を行うことが重要に

- 多面的な価値を尊重することが重要に
- 都市や交通においては、全ての人の暮らしを支えるという観点が重要

③ 不確実性の高い時代に

- 技術の変化が早く、また様々なリスク（災害、感染症など）が顕在化し、トレンドだけで将来を描くことは難しくなっている
- とはいえ、持続可能な地域をつくるために、長期的な将来を見据えることは重要



多様な属性を考慮しつつ、一人一人の活動の変化を捉えられるようなモデリングが重要

事例①

アクティビティモデル

以下の理由から、アクティビティ型交通行動モデルをパーソントリップ調査を用いて構築し、将来推計に活用

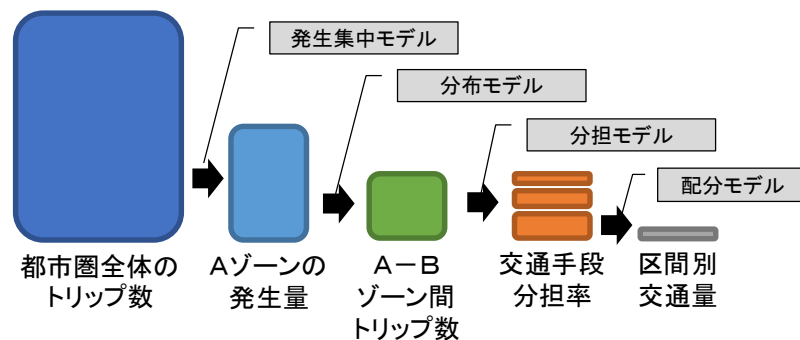
- ① 従来の渋滞や混雑改善といった総量的な評価だけでなく、社会情勢の変化やモビリティの改善等によって、個人の移動や活動の質がどのように変化するかを評価できることが重要であるため。
- ② 将来的には、ビッグデータによりOD表を取得できる可能性があり、PT調査データとビッグデータを組み合わせた調査フレームの構築を見据えて、実務レベルでの技術開発が必要なため。

四段階推定法

概説

- 都市圏全体の総トリップ数を、ゾーン及び交通ネットワークに段階的に割り当てる手法

地区特性やネットワーク特性を考慮して総トリップ数を振り分ける



推計のイメージ

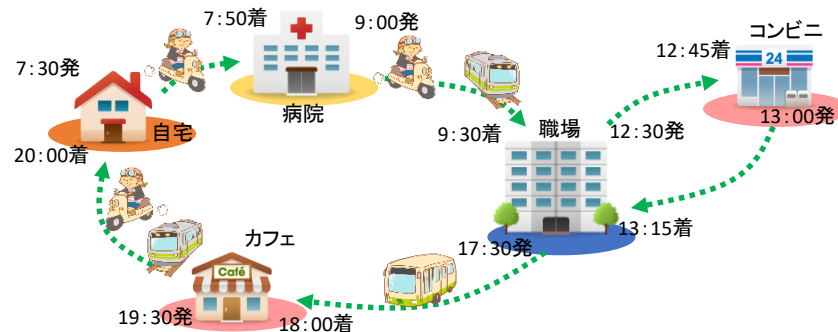
施策検討への活用

- 交通の需給バランスの分析に適する
 - 道路や鉄道の混雑対策（新規整備、拡幅、新線整備など）
- 交通量(トリップ数)を用いる指標の算出に適する
 - トリップ数
 - トリップ数に原単位を乗じる指標（事故損失額やCO2排出量など）

アクティビティ型交通行動モデル

- 各個人の様々な属性情報や地区特性、交通条件等を加味し、1人の1日の移動や活動を推計する手法

属性、居住地、勤務地、交通条件等を考慮して、個人の1日の活動・移動を推計する



- 1日の活動がわかるため外出率、原単位、活動時間、トリップチェーンなどの指標を評価に活用することができる
- 個人の属性や状況等に影響を及ぼす施策の評価に適する（移動困難対策、ピーク課金など）
- 各地区の滞留人口を評価可能
 - 帰宅困難者対策
- 集計することで交通量も算出可能

事例② 回遊行動モデル

回遊行動モデルのターゲット

- ゾーン内の地区の行動を表現する手法
- 中心市街地や駅まち空間での施設配置や空間形成、歩行回遊促進の取り組みを評価

回遊行動シミュレーション
→ゾーン内の地区における回遊行動

P T 調査における四段階推定法
→ゾーン間の広域的な交通流動



出典：スマート・プランニング実践の手引き／国土交通省都市局

対象となる施策や取り組み

(1) 施設配置・空間形成

a. 施設配置



＜志木市 高齢者交流サロン整備＞

b. 公共空間の利活用



＜岡山市 オープンカフェ＞

c. 街並みの形成



＜姫路市 駅前街並みの形成＞

(2) 交通施策

a. 歩行動線の形成



＜神戸市 自転車交通分離＞

b. バス停や駐車場の配置



＜北九州市 路上駐輪施設＞

c. 回遊交通の導入



＜札幌市 路面電車ループ化＞

- 回遊性向上の評価にあたっては、「利用者の利便性の向上」と「民間事業者の事業活動の効率化」の両側面からの視点が重要
- 下記のような指標について、GPSデータ、Wi-Fiデータ等を用いて観測し、スマート・プランニングのシミュレーション結果に基づき評価

評価の視点と評価指標の例

評価の視点	評価指標	単位
賑わい	来訪者数	人
	滞在時間	分
	立ち寄り箇所数	箇所
移動の利便性	移動時間	分
健康まちづくり	歩数	歩
	歩行時間	分

⇒中心地市街地の回遊性や魅力の向上により来訪者が増加するとともに、滞在時間が増加し、中心市街地全体へ恩恵が広まる状況が望ましい

回遊行動モデルによる施策の評価

交通関連の施策

歩道の拡幅
駅前分断の解消
回遊手段（路面電車、バス等）の充実など

ネットワークデータ



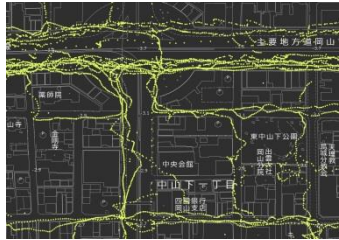
土地利用（施設）データ



施設関連の施策

公共施設移転
再開発
など

GPSデータ等



個人の行動原理

※パラメータ推定

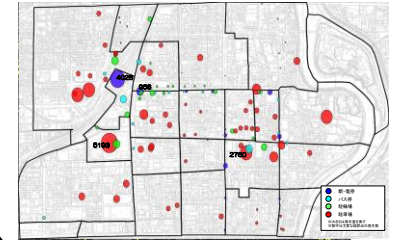
回遊行動シミュレーション

ある個人

回遊行動モデル

ある個人の一連の活動

来訪者数



※パーソントリップ調査データ等

来訪者の数だけ繰り返す

全来訪者の個人ごとの回遊行動

各種評価指標

歩行者数、滞在時間、歩行距離など

シミュレーションで仮定する個人の行動

回遊継続

**回遊を継続するか？
帰宅するか？**

要因の例
何回目立ち寄りか
来訪交通手段（駐車場の時間）

回遊継続

帰宅

※離散選択モデル

目的地

どこに行くのか？

要因の例
今いる場所からの距離
周辺の施設や店舗の集積状況

目的地A

目的地B

目的地C

※離散選択モデル

経路

どの経路を通るのか？

要因の例
経路の距離、歩道が多いか、
沿道に店舗があるか、階段上り下り

経路A

経路B

経路C

経路D

※離散選択モデル

滞留時間

どれくらい滞在するか？

要因の例
今いる場所からの距離
周辺の施設や店舗の集積状況

●分

※生存時間モデル

回遊行動モデルの構築 ①回遊継続・目的地選択モデル

- 自動車で来訪した人は、少ない立ち寄り回数で帰宅する傾向が強い
- 目的地を選ぶ際には、目的地の魅力度(今回の場合はゾーン内の店舗数)が高いゾーンほど選びやすく、目的地までの距離が近いゾーンほど選びやすい傾向

	説明変数	パラメータ値	t値
回遊継続 選択モデル	トリップ数	-0.5840	-5.63
	交通手段(自動車)	-0.4663	-2.51
	総移動距離(m)	-0.0001	-1.03
	ログサム	0.6839	4.05
目的ゾーン 選択モデル	店舗数(件)/ゾーン面積(m ²)	0.5565	6.43
	繁華街ダミー	-1.1820	-3.83
	移動コスト(m)	-1.4972	-16.71
	大規模施設Aダミー	2.9335	10.90
	大規模施設Bダミー	0.5428	2.33
	大規模施設Cダミー	0.7245	3.46
	大規模施設Dダミー	0.4653	1.67
	ゾーン面積(m ²)	1.0000	—
初期対数尤度			-1486
最終対数尤度			-1125
対数尤度比			0.2431
サンプル数			563

回遊行動モデルの構築 ②経路選択モデル

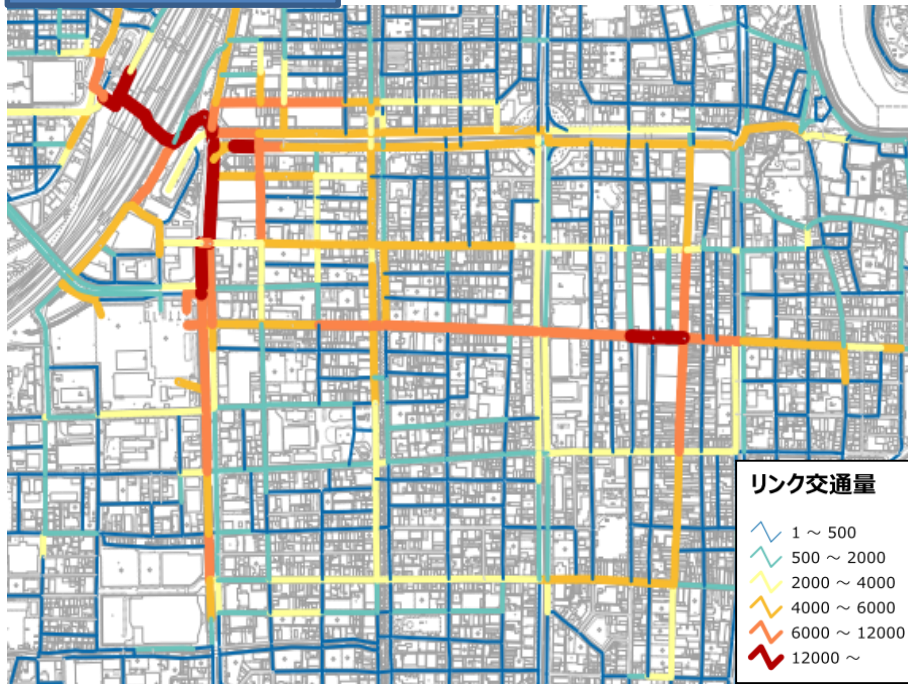
- 経路を選ぶ際には、目的地までの距離が短く、右左折回数の少ない経路ほど選びやすい傾向が強い
- また、歩きやすい歩道が多く、沿道店舗が多い経路ほど選びやすい傾向が強い
- 商店街のように、沿道に店舗が多数あり自動車の通りがなく歩きやすい空間は、歩行回遊経路として選ばれる傾向が強く、オープンカフェ等でそのような空間づくりをすることは、歩行軸の形成や歩行回遊の促進につながる

説明変数	パラメータ値	t値
経路長(m)	-0.0037	-4.8841
右左折回数(回)	-0.1419	-3.3490
歩きやすい歩道の比率(%)	0.4786	2.0014
沿道の店舗の状況	0.4786	2.0014
商店街の比率(%)	2.0723	3.7590
初期対数尤度		-443
最終対数尤度		-405
対数尤度比		0.0841
サンプル数		402

適用例① オープンカフェ@岡山

○オープンカフェ実施前は西川緑道公園筋の歩行者が少なく東西方向の明確な軸が無かったが、施策実施により西川緑道公園筋の歩行者が増え県庁通りが東西の歩行軸としての役割を担うことが確認できる

施策実施前



施策実施後






実施エリアでは
通行者数が
約6割増加

東西方向の通りで
通行者数が
約2割増加

適用例② 多様な施策パターン@岡山

- オープンカフェ、再開発、それらを組み合わせた施策のパターン毎にシミュレーションを適用し評価
- 施策を組み合わせることで、滞在時間や歩行距離等が伸びる傾向にある

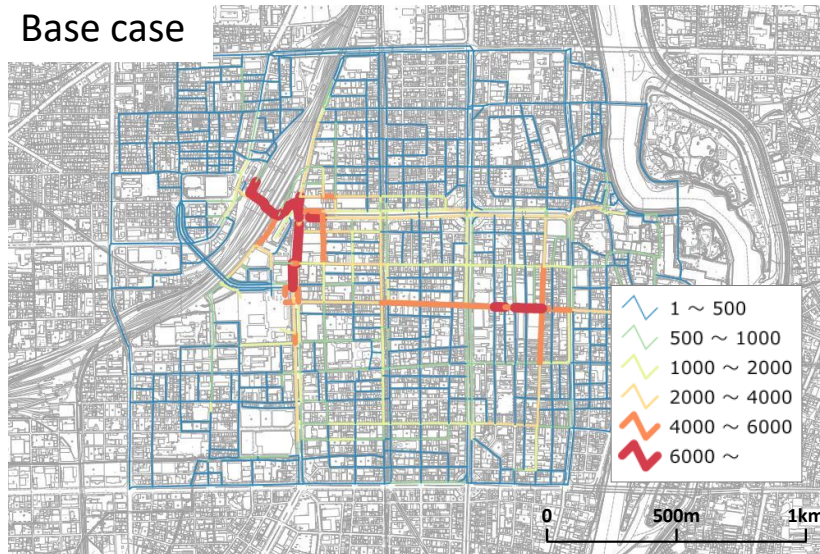
Comparison of the total staying time, number of stops and walking distance

Index	<u>Scenario 1</u>		<u>Scenario 2</u>		<u>Scenario 3</u>	
		Marche		Redevelopment		Redevelopment and Marche +
		Marche is set up along the Nishikawa Park Street		Redevelopment around Okayama station.		Redevelopment and Setting up marche + implementing sidewalk widening
 Total staying time (hours)	Base case	93,756		93,756		93,756
	Scenario	94,049		94,278		94,856
	Difference		+293(+0.31%)		+523(+0.56%)	
 Total number of stops (times)	Base case	83,562		83,562		83,562
	Scenario	83,730		83,897		84,407
	Difference		+168(+0.20%)		+335(+0.40%)	
 Total walking distance (km)	Base case	93,190		93,190		93,190
	Scenario	94,228		93,650		94,062
	Difference		+1,038(+1.11%)		+465(+0.50%)	

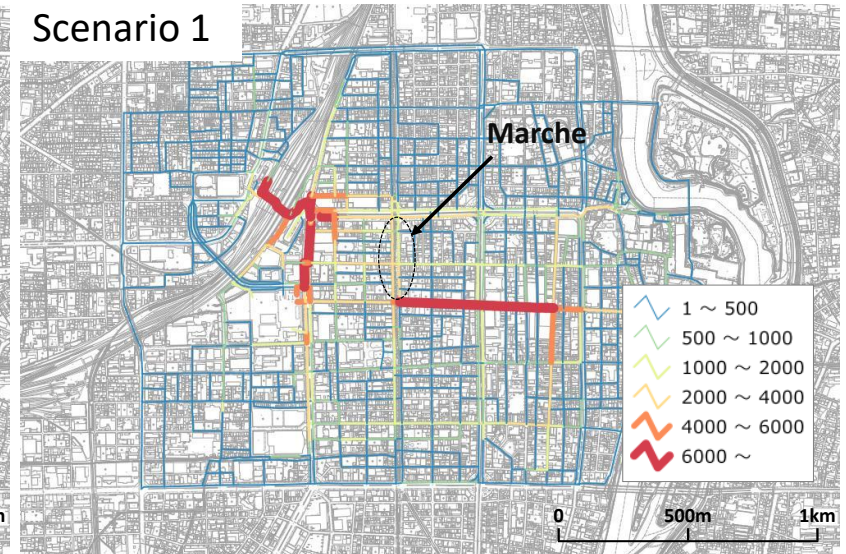
適用例② 多様な施策パターン@岡山

Comparison of the pedestrian volumes

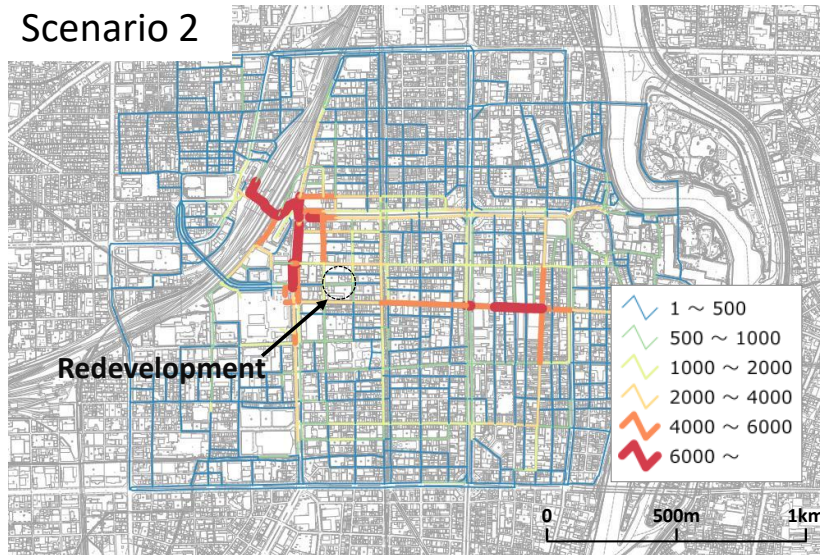
Base case



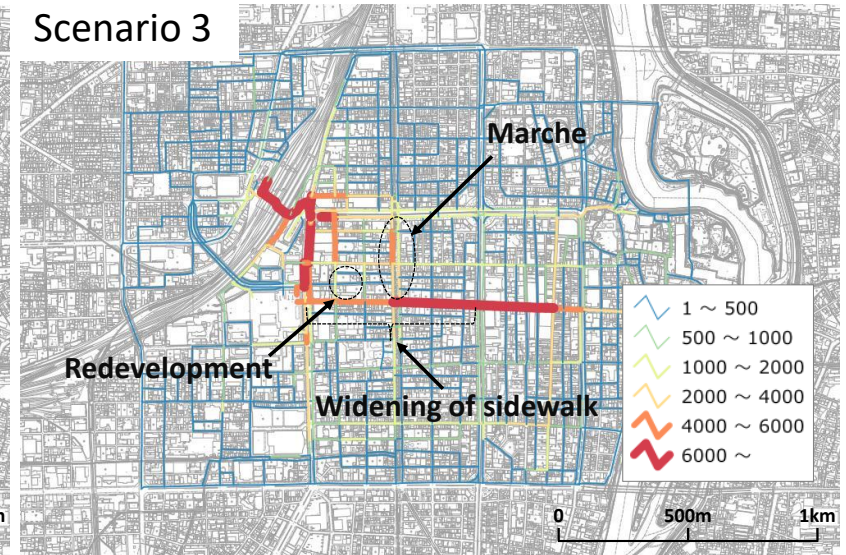
Scenario 1



Scenario 2



Scenario 3



おわりに

推計・シミュレーションに求められるものが変化、 行動モデルはより重要に

- 施策の多様化、指標の多様化
- 不確実な時代に、関係者間で将来像を描くために、共通理解となる推計は重要
- 共感を生むためには、どのような施策・外力が、どのような人のどのような行動変化を引き起こすか、というストーリーが重要
- また、様々な指標を算出するためには、人の活動を算出することが大元となる

多様な人の行動の表現

- 長期的な立地選択
- 勤務地選択、ライフスタイルの選択
- 世帯単位での行動
- ミクロな施策が広域に与える影響の表現

いかに使いやすくするか

- シナリオプランニングへの活用、共通理解醸成ツールとして使われるには、モデルの使いやすさの向上が必要
- ワークショップなどでの活用も想定
- 計算速度、可視化ツールとの連動
- 行動データ、交通や土地利用のデータの取得を簡便に
- 活用できる人材を

【連絡先】

石井良治 ISHII Ryoji
一般財団法人 計量計画研究所 (IBS)
データサイエンス室 研究員
E-mail : rishii@ibs.or.jp