



# 都市の幸せ

## Wellbeing of the Cities

馬奈木 俊介

# 自己紹介

主幹教授・都市研究センター長  
総長補佐(SDGs担当)

- 国連・新国富報告書代表
- 国連・世界SDGs報告書評議員
- 国連・新しい資本円卓会議委員
- 世界最高峰の研究者として2023年版  
クラリベイト高被引用論文著者に選出

8

働きがいも  
経済成長も



GDPにかわる新しい指標を使えば、  
持続性をはかることができる

報告

サステナブル投資による産業界のインパクト



INCLUSIVE  
WEALTH REPORT  
2023

MEASURING SUSTAINABILITY AND EQUITY

# 自己紹介

「クリーンエネルギー戦略」に関する有識者懇談会（首相官邸）

環境省中央環境審議会臨時委員・総合政策部会

ネイチャーポジティブ経済研究会

経産省産業構造審議会臨時委員

グリーントランスフォーメーション推進小委員会・総合資源エネルギー調査会基本政策分科会・地域循環モデル構築WG

農林水産省 農業分野のカーボン・クレジット取引活性化に係る検討会

## 研究紹介:

# Railway Expansion Reduces Air Pollution: Insights from 25 Years in Tokyo for Future Policy

Sunbin Yoo, Junya Kumagai, Ryosuke Aki and Shunsuke Managi

# 背景(1)

- 交通渋滞によって引き起こされる大気汚染は各国で深刻な環境問題
- 日本でも、大気汚染を抑制するため様々な政策を導入  
例) 自動車に対する排出ガス規制(昭和41年~、年々強化)<sup>1)</sup>



- 日本でもまだ世界保健機関WHOの24時間基準を上回る
- 2021年にWHOの大気質基準を満たした国はゼロ<sup>2)</sup>



出典: AXIS Web Magazine「歩行者から大気汚染を守るには？」  
<https://www.axismag.jp/posts/2021/03/342794.html> (閲覧日  
2023/12/04)

1. 国土交通省「自動車の排出ガス規制(新車)」[https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha\\_tk10\\_000001.html](https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk10_000001.html) (2023/12/11)  
2. CNN「世界の大気汚染、WHOの新基準では全対象国が不合格」<https://www.cnn.co.jp/world/35185268.html> (2023/12/11)

## 背景(2)

- 解決策の1つとして、交通インフラの整備
- 東京都:地下鉄を中心として在来線が現在進行形で発達
- 建設には莫大な費用が必要

例)2030年半ば東京メトロ延伸:

有楽町線4.8km 約2690億円 /南北線2.5km 約1310億円<sup>3)</sup>



コストに見合う効果があるのか  
評価が必要

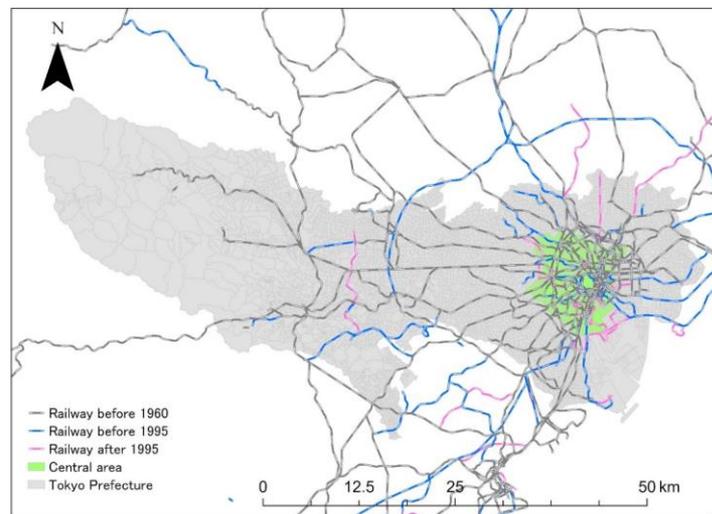


図2.1: 東京圏における在来線網の発達  
データ出典: 国土数値情報ダウンロードサイト

# 研究の目的と貢献

## 目的

- 在来線の拡充が東京都の大気質に与える影響を間接的な効果も含めて検証することで、交通インフラの整備を環境面の効果も含めた 包括的な評価をする

## 貢献

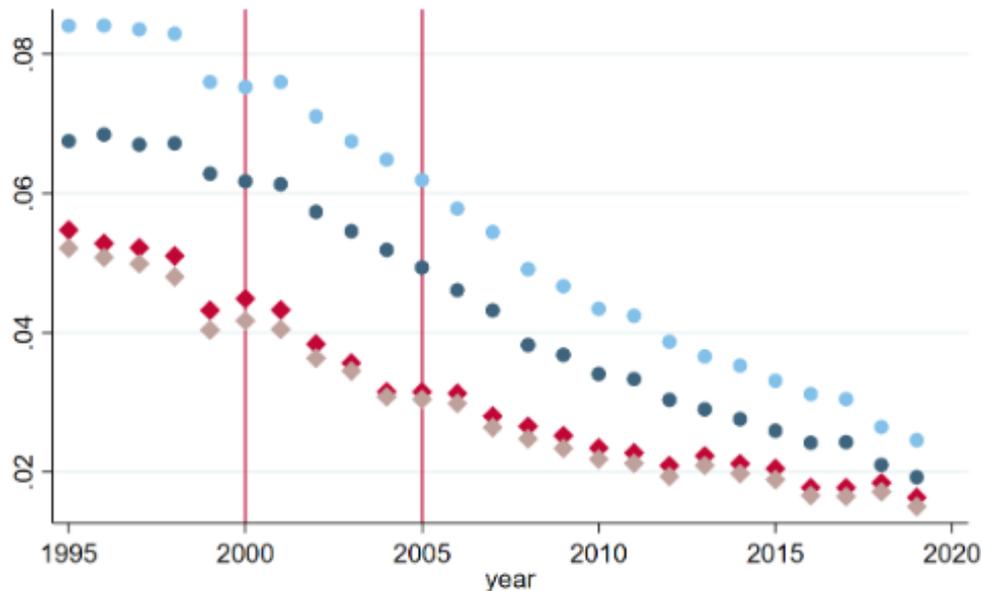
- 在来線拡充による環境に対する効果を長期的に分析する
- 潜在的な需要を考慮した間接的な効果を含めて分析する

# データ

- Difference-in-Differences (Treatment)
- Market Access, MA
  - 交通インフラの拡張を示すインデックス
- 大気汚染データ (環境省)
  - SPM(浮遊粒子状物質):
    - 大気中に存在する粒子状物質(PM)のうち粒子の直径が $10\mu\text{m}$ 以下の非常に細かな粒子<sup>4)</sup>
  - NO<sub>2</sub>(二酸化窒素)
    - 都市部では、自動車から排出される窒素酸化物の量が一番多い<sup>4)</sup>
- 気候データ(気象庁)
- その他
  - 鉄道網データ、乗降客数データ※(国土交通省)、行政区域データ(esri社)
    - それぞれ、1995年~2019年のデータを使用 ※2011~2019年

# 分析手法(1): Difference-in-Differences

- 駅の500m, 1km, 2km (歩いて行ける郷里)なかで、新しい駅の開業があったら1というトリートメント変数 (Opening効果)



500m, 1km, 2kmの  
Parallel Trendを確認

## 分析手法(2): 回帰分析 (1)

$$\ln V_{ot} = \beta^{DD} Treatment_{ot} + \gamma' \mathbf{w}_{ot} + \delta_o + \delta_{rt} + f(x_o, y_o) + \varepsilon_{ot} \quad (1)$$

- $V_{ot}$  : t年の町oにおける各指標 [大気質濃度(SPM, Nox), 乗降客数]
- $Treatment_{ot}$ : 町oのt年目のTreatment ダミー
- $w_{ot}$ : 天候関連変数、バス路線網によるMA
- $\delta_{it}$  : 市区町村別固定効果
- $\delta_o$ : 町ごとの固定効果
- $f(x_o, y_o)\delta_t$ : 町oの緯度経度の3次多項式と年効果の相互作用 (Peixoto, 1990)
- $\varepsilon_{ot}$  : 誤差項

## 分析手法(3): MAの算出 (Network Effect)

➤ Donaldson and Hornbeck (2016) とLin (2017) に基づく

$$MA_{ot} = \sum_d^{o \neq d} \tau_{odt}^{-\theta} \times pop_{dt} \quad (2)$$

- $MA_{ot}$  : t年の町oの在来線によるMA
- $\tau_{odt}$  : t年の町oから町dへの所要時間行列
- $pop_{dt}$  : t年の町dの人口
- $\theta(=3)$  : power-decay parameter (Chang and Zheng, 2021)

町oのMAが増加するケース

1. 町oからdへの移動利便性が向上した場合
2. 町dの人口が増加した場合

## 分析手法(4): 回帰分析

$$\ln V_{ot} = \beta_R \ln(MA_{ot}) + \gamma' w_{ot} + \delta_{it} + \delta_o + f(x_o, y_o) \delta_t + \varepsilon_{ot} \quad (3)$$

- $V_{ot}$  : t年の町oにおける各指標 [大気質濃度(SPM, Nox), 乗降客数]
- $MA_{ot}$  : 町oのt年目の在来線によるMA
- $w_{ot}$  : 天候関連変数、バス路線網によるMA
- $\delta_{it}$  : 市区町村別固定効果
- $\delta_o$  : 町ごとの固定効果
- $f(x_o, y_o) \delta_t$  : 町oの緯度経度の3次多項式と年効果の相互作用 (Peixoto, 1990)
- $\varepsilon_{ot}$  : 誤差項



$\beta_R$  : MAが1%増加したときの大気汚染の変化率

- $Y$  : 実際の大気汚染の変化率

$$Y = \beta_R \times \Delta MA_{ot} \quad (4)$$

# 結果(1)

	モデル(1) SPM(東京都全体)	モデル(2) SPM(低汚染エリア)	モデル(3) SPM(高汚染エリア)	モデル(4) NO <sub>2</sub> (東京都全体)	モデル(5) NO <sub>2</sub> (低汚染エリア)	モデル(6) NO <sub>2</sub> (高汚染エリア)	モデル(7) 乗客数(東京都全体)
Market Access [%]	<b>-0.285***</b> (0.0431)	<b>-0.233***</b> (0.0465)	<b>-1.001***</b> (0.113)	<b>-0.0465***</b> (0.00371)	<b>-0.0538***</b> (0.00401)	<b>-0.0273***</b> (0.0058)	<b>2.598***</b> (0.178)
N	86979	40207	46756	86985	41877	45078	86979
R-squared	0.997	0.997	0.997	0.994	0.992	0.993	0.081

()内は標準誤差を示す。なお、固定効果は全て含まれている。\*\*\*p<0.01, \*\*p<0.05, \*p<0.1

- 東京都全体としてはMA1%増加に伴ってSPMは0.285% 減少
- 削減効果: 高汚染エリア<低汚染エリア
- 先行研究(Carrier et al.(2022))と同様な結果
- 在来線拡充→公共交通利用促進を前提
- 乗客数増加率を分析
- MA1%増加に伴って乗客数は2.598%増加

# 結果(2)

パネルA:1995年～2019年におけるSPM濃度変化

パネルB:1995年～2019年におけるNO<sub>2</sub>濃度変化

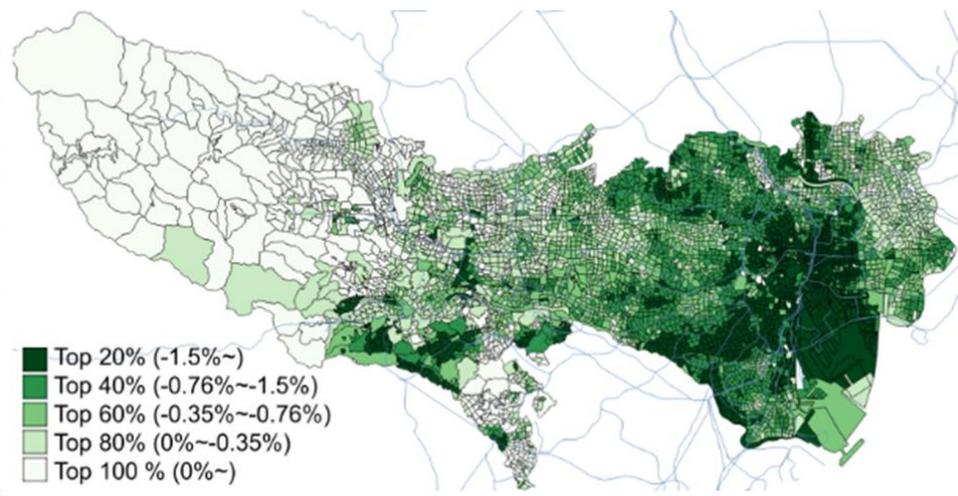
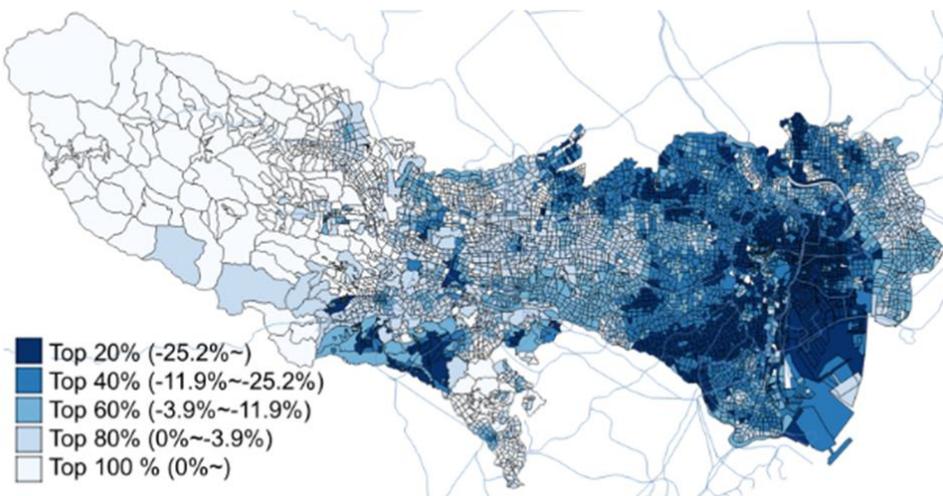
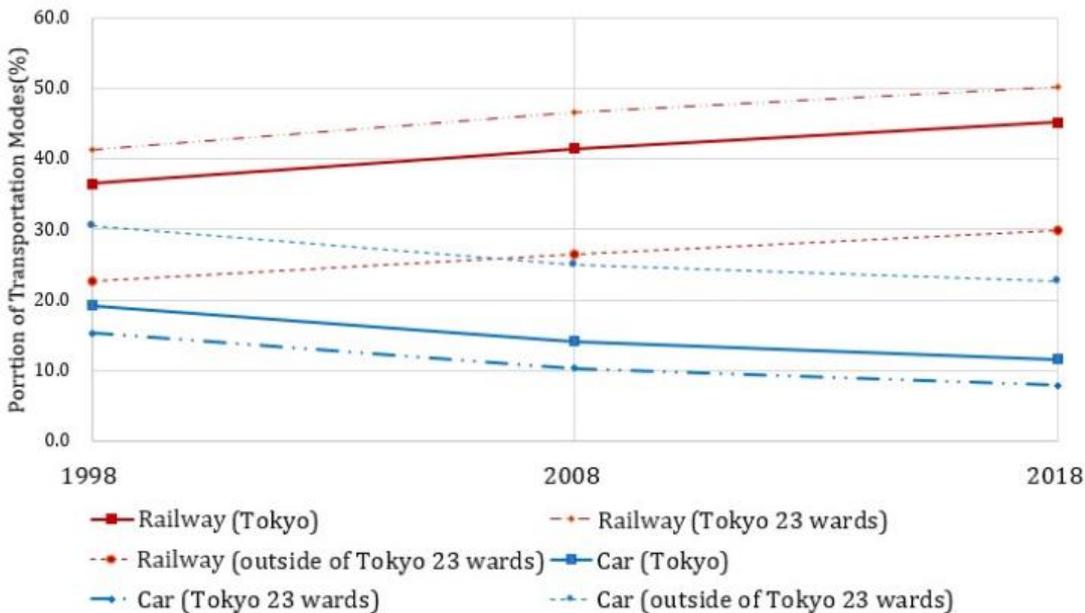


図1 1995年～2019年における大気汚染削減効果

# 結果(3)

- PT調査を通じて 車→在来線のSubstitutionがあったのか考察



車の利用は減って、  
在来線は増えていることを  
確認できた

Figure 4: Decreasing Car Usages and Increasing Railway Usages from PT Survey

## 結果(4)

- SPMの大気汚染レベルが高いところ  
→Ridershipの増加が大きい

Table 4: *Heterogeneous Impact of MA on Ridership*

	DV: ln (Ridership)			
	Model (1) Clean Area (SPM)	Model (2) Polluted Area (SPM)	Model (3) Clean Area ( $NO_2$ )	Model (4) Polluted Area ( $NO_2$ )
ln (MA)	1.005*** (0.196)	35.02*** (1.710)	4.598*** (0.333)	0.210 (0.233)
Constant	-174.7*** (9.749)	-102.5*** (9.494)	-111.1*** (9.124)	-219.9*** (10.61)
R-squared	0.745	0.785	0.665	0.731
N	22,091	26,018	23,451	24,649

*Note:* Standard errors in parenthesis. \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . All models include city-by-year fixed effects, town fixed effects, cubic-polynomial fixed effects, controls for bus networks and control variables, omitted here for brevity.

## 結果(5)

- Gendron-Carrier (2022): 在来線→大気汚染の影響は、City Centerから遠くなるほど、減少する
- 23区と23区ではないところ対象で分析してみたら、Consistentな結果

**Table 5: Regression Results for the Impact of Market Access on Air Pollution**

	DV: ln (SPM density)		DV: ln ( $NO_2$ density)		DV: ln (Ridership)	
	Model (1) 23 wards	Model (2) Outside 23 wards	Model (3) 23 wards	Model (4) Outside 23 wards	Model (5) 23 wards	Model (6) Outside 23 wards
ln (Market Access)	-1.081*** (0.180)	-0.256*** (0.00453)	-0.0632*** (0.0169)	-0.0459*** (0.00386)	26.08*** (1.301)	1.011*** (0.186)
Constant	3.176*** (0.0116)	3.173*** (0.00184)	0.0293*** (0.00109)	0.0373*** (0.000157)	-227.9*** (8.556)	-174.7*** (10.07)
N	12,793	74,192	12,793	74,192	28,341	19,777
R-squared	0.997	0.997	0.993	0.993	0.715	0.624

*Note:* Standard errors in parenthesis. \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . All models include city-by-year fixed effects, town fixed effects, cubic-polynomial fixed effects, controls for bus networks and control variables, omitted here for brevity.

## 結果(6)

- 実際の建設費用と、大気汚染減少からのベネフィットを計算

### Health Benefits

VSL (Value of Statistical life): PMとNO<sub>2</sub>の減少による金銭的価値

### Congestion Benefits

VOT (Value of Time): Additional Income from Reduction in Traffic Delay

## 結果(6)

**Table 6:** *Health and Congestion Benefits of Railway Expansion*

Area	Health Benefits		Congestion Benefits	
	Millions USD	% Construction Cost	Millions USD	% Construction Cost
(a): Pollution Considered	135.709	1.968	78.169	1.128
(b): Tokyo 23 Wards	147.801	2.144	68.282	0.990
(c): Other than Tokyo 23 Wards	9.307	0.135	20.074	0.291
(d): Combined (b) + (c)	157.108	2.279	78.169	1.128

*Note:* Construction costs are calculated based on the governmental material (<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/transport/shouwa60/ind000704/003.html>, accessed in 14th February 2024, in Japanese) All the monetary terms are in 2024 dollars and discounted by an annual discount rate of 5%.

- Health BenefitがCongestion Benefitより若干高いが、多くな差はない25年分で、約2-3%

# 結果(6) Counterfactual Simulation

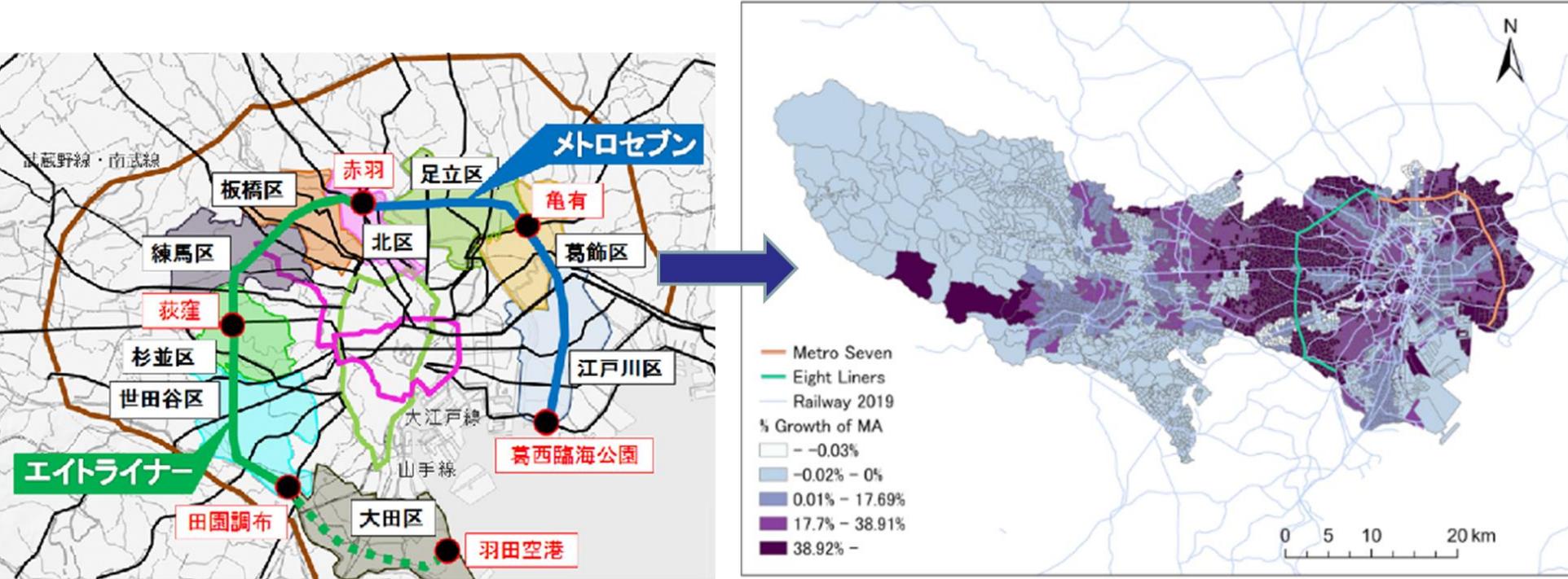
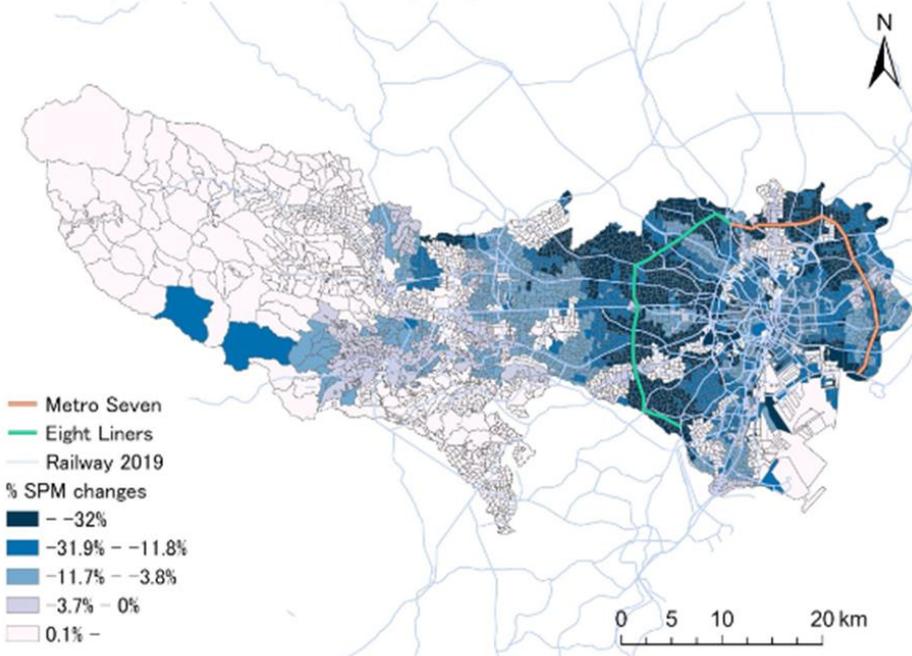


Figure 6: Eight Liners, Metro Seven, and Growth of MA

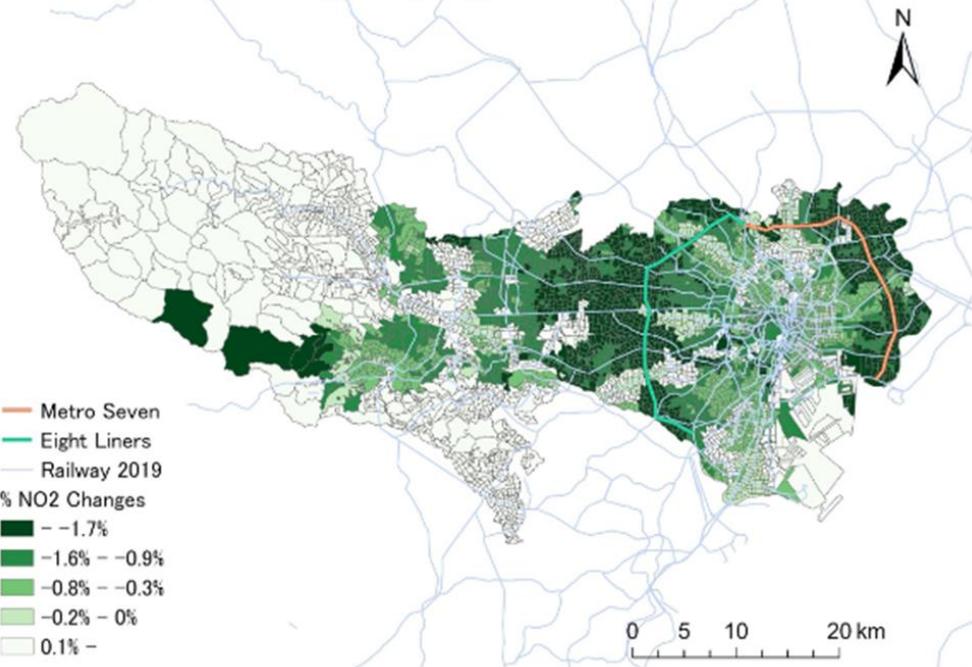
# 結果(7) Counterfactual Simulation

## Counterfactual Simulation (2)

Panel (A) SPM Changes by Eight Liners and Metro Seven



Panel (B) NO<sub>2</sub> Changes by Eight Liners and Metro Seven



# 結果(7) Counterfactual Simulation

**Table 7: Health and Congestion Benefits of Future Railway Expansion**

Panel (A)	SPM Changes (%)	NO <sub>2</sub> Changes (%)
(a): Pollution Considered	-7.259%	-0.633%
(b): Tokyo 23 Wards	-4.962%	-0.408%
(c): Other than Tokyo 23 Wards	-1.175%	-0.296%
(d): Combined (b) + (c)	-6.137%	-0.704%

Panel (B)	Health Benefits (Millions USD)		Congestion Benefits (Millions USD)	
	Amount	% Construction Cost	Amount	% Construction Cost
(a): Pollution Considered	89.662	1.318	60.077	0.88
(b): Tokyo 23 Wards	95.584	1.405	41.750	0.61
(c): Other than Tokyo 23 Wards	9.937	0.146	18.327	0.27
(d): Combined (b) + (c)	105.521	1.551	60.077	0.88

*Note:* Construction costs are calculated based on the governmental material (<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/transport/shouwa60/ind000704/003.html>, accessed in 14th February 2024, in Japanese) All the monetary terms are in 2024 dollars and discounted by an annual discount rate of 5%.

# 結論

- 在来線の拡張によって東京都内におけるNO<sub>2</sub>, SPMがともに減少した

交通渋滞解消による  
大気汚染の改善  
(Mohring, 1972)



自動車利用需要↑による  
大気汚染の増加  
(Duranton and Turner, 2011)

おわりに

価値を高める政策に  
パラダイムシフトを図り、  
**将来の世代**に引き継ぐ。  
**経済**の持続可能性を担保し、  
人々を幸せに。

そのための事業  
の成功が必要。

## ESG経営の実践

新国富指標による非財務価値の評価



脱炭素時代の  
環境・社会・企業統治

編著 馬奈木 俊介  
国連・新国富報告書 代表

事業構想大学院大学 出版部