

世界の都市交通と環境

Urban transport and environment
in the world

武蔵工業大学環境情報学部 教授
元運輸政策研究所 主任研究員

小林 良邦

ITPS, Yoshikuni KOBAYASHI

目次 Contents

1. 世界の自動車化の進行は再加速？
(予測：世界各国自動車増加)
2. 世界諸都市の大気の質？
(既存統計比較分析)
(モデル車シミュレーション)
3. まとめ

世界の自動車化の進行は再加速？

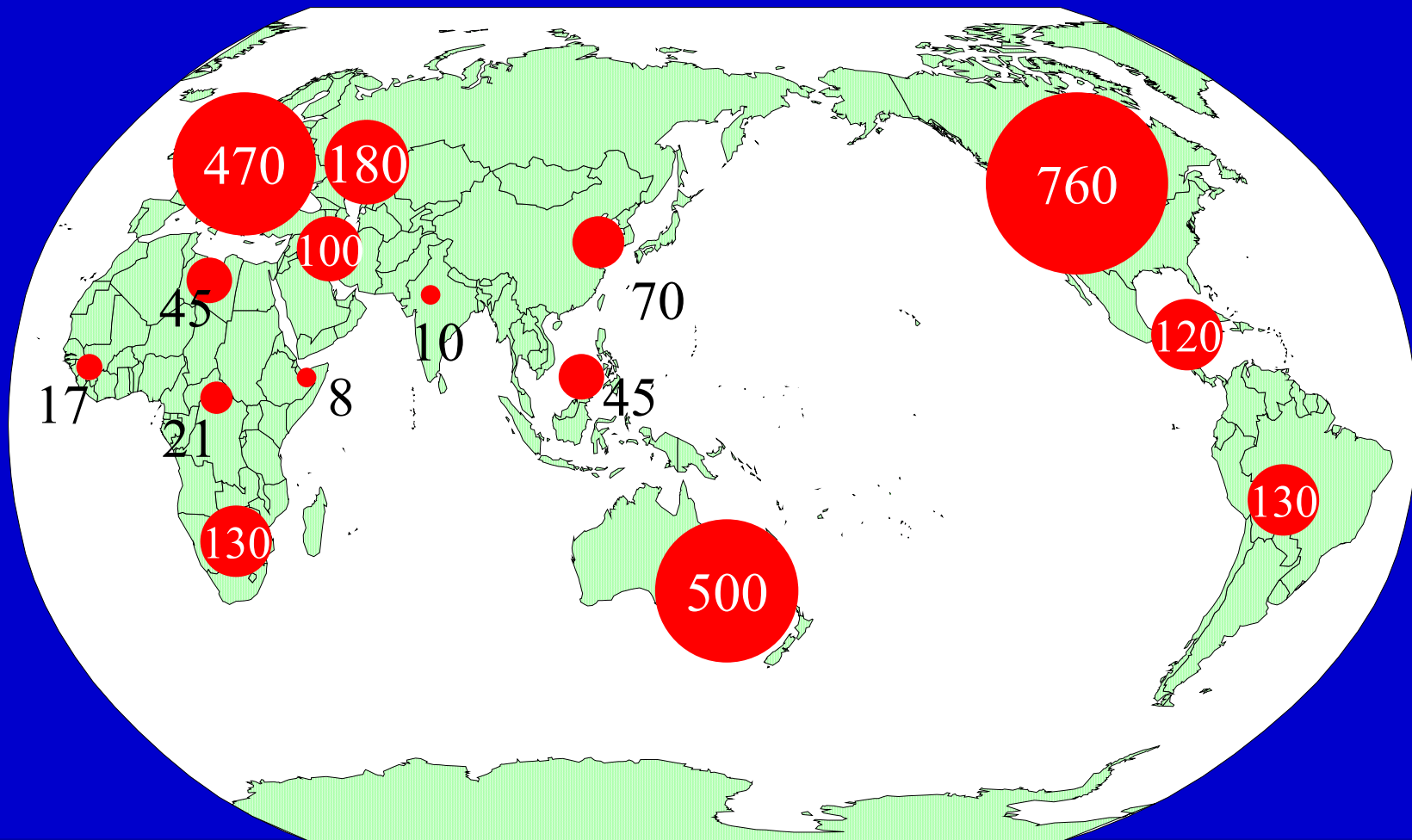
(予測：世界各国自動車増加)

Vehicle increase in the world



世界地域別自動車保有率(1,000人当り)

Vehicle ownership in the world 1998



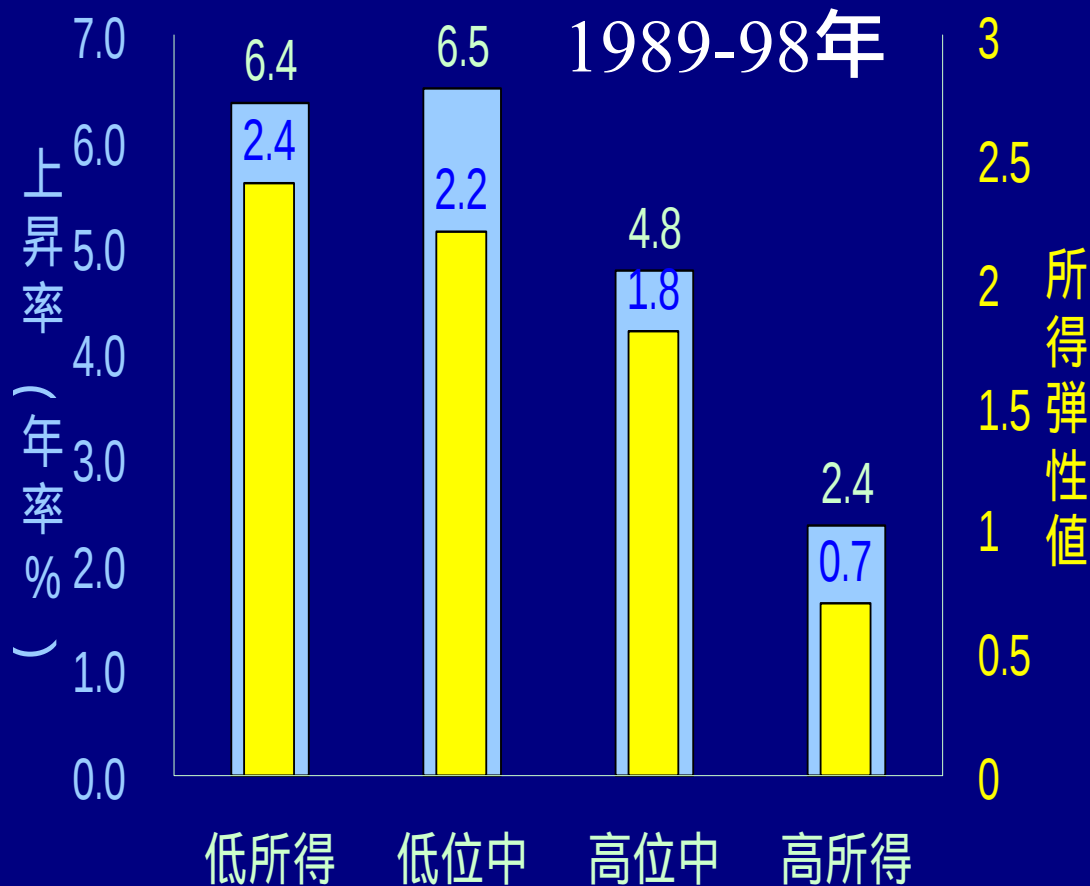
20世紀後半の自動車増加トレンド

The trends in the second half of 20th century



所得グループ別自動車保有率の伸び

Increase rate of vehicle ownership by income level



所得区分 (世銀'99)
1人当り国民所得

低所得	760\$未満
低位中	3030\$
高位中	9360\$
高所得	9360\$以上

自動車保有率 DGモデル (Dargay-Gately Model)

- 長期均衡保有率の仮定 (Gompertz関数近似)

$$V_t^* = \gamma e^{\alpha e^{\beta Y_t}}$$

V^* : 長期均衡保有率

Y : 実質所得

γ : 飽和水準

$\alpha, \beta < 0$: 形状

- 保有率関数

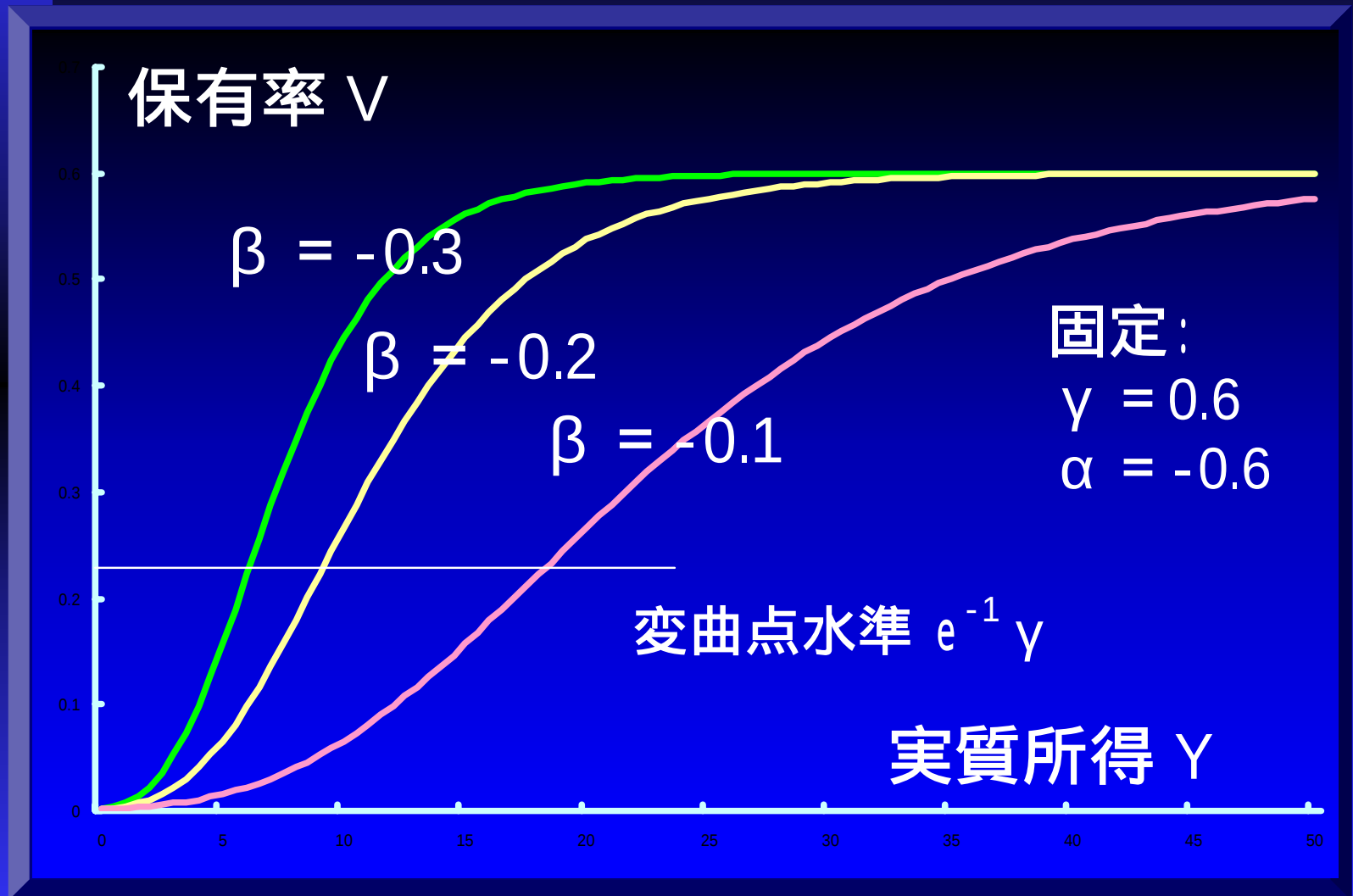
$$V_t = V_{t-1} + \theta (V_t^* - V_{t-1})$$

$0 < \theta < 1$: 調整速度

$$V_t = \gamma \theta e^{\alpha e^{\beta Y_t}} + (1 - \theta) V_{t-1}$$

DGモデルの形状特性1 ---形状

Characteristic(1) --- shape

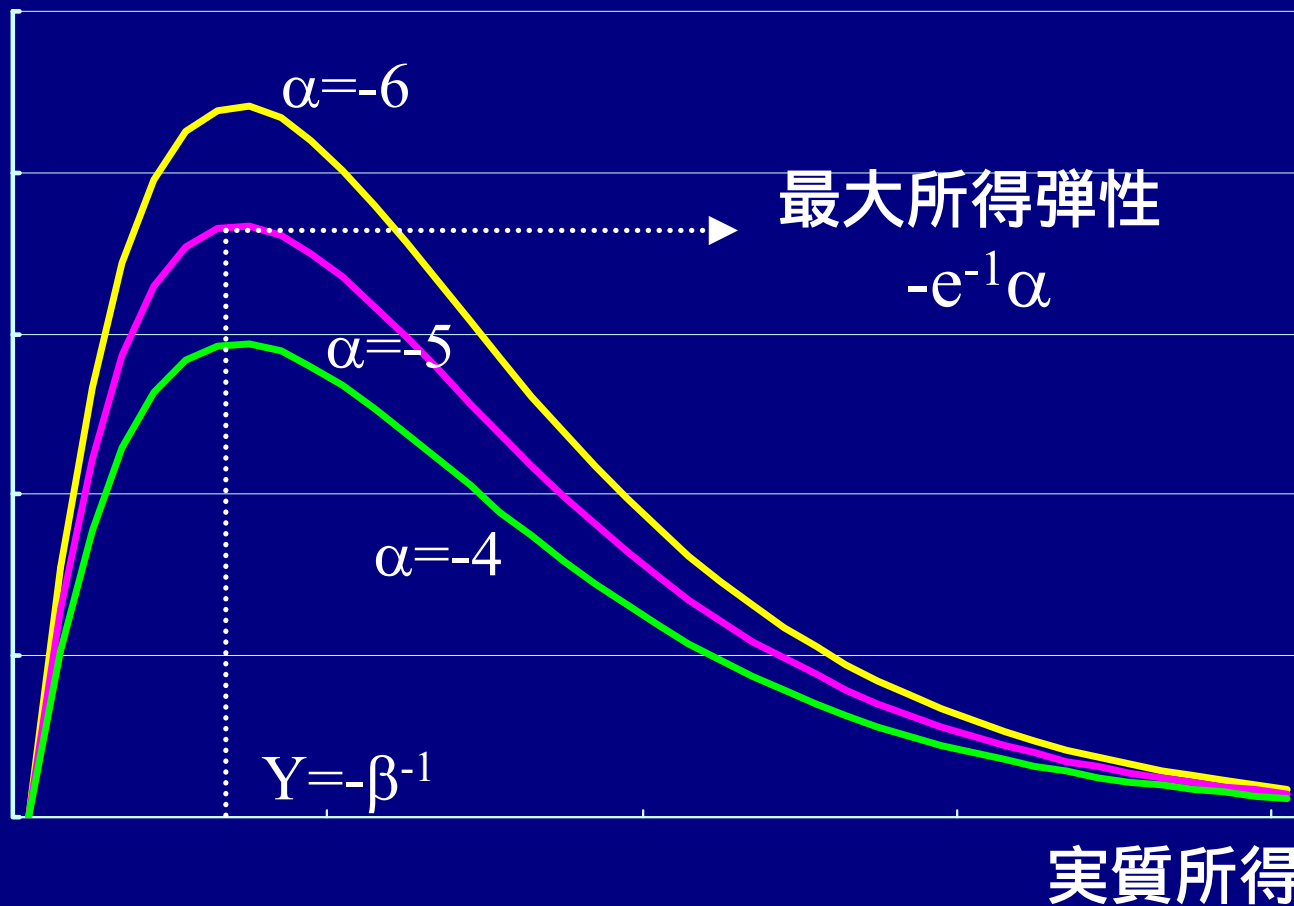


DGモデルの形状特性2 ---所得弾力性

Characteristic(2) income elasticity

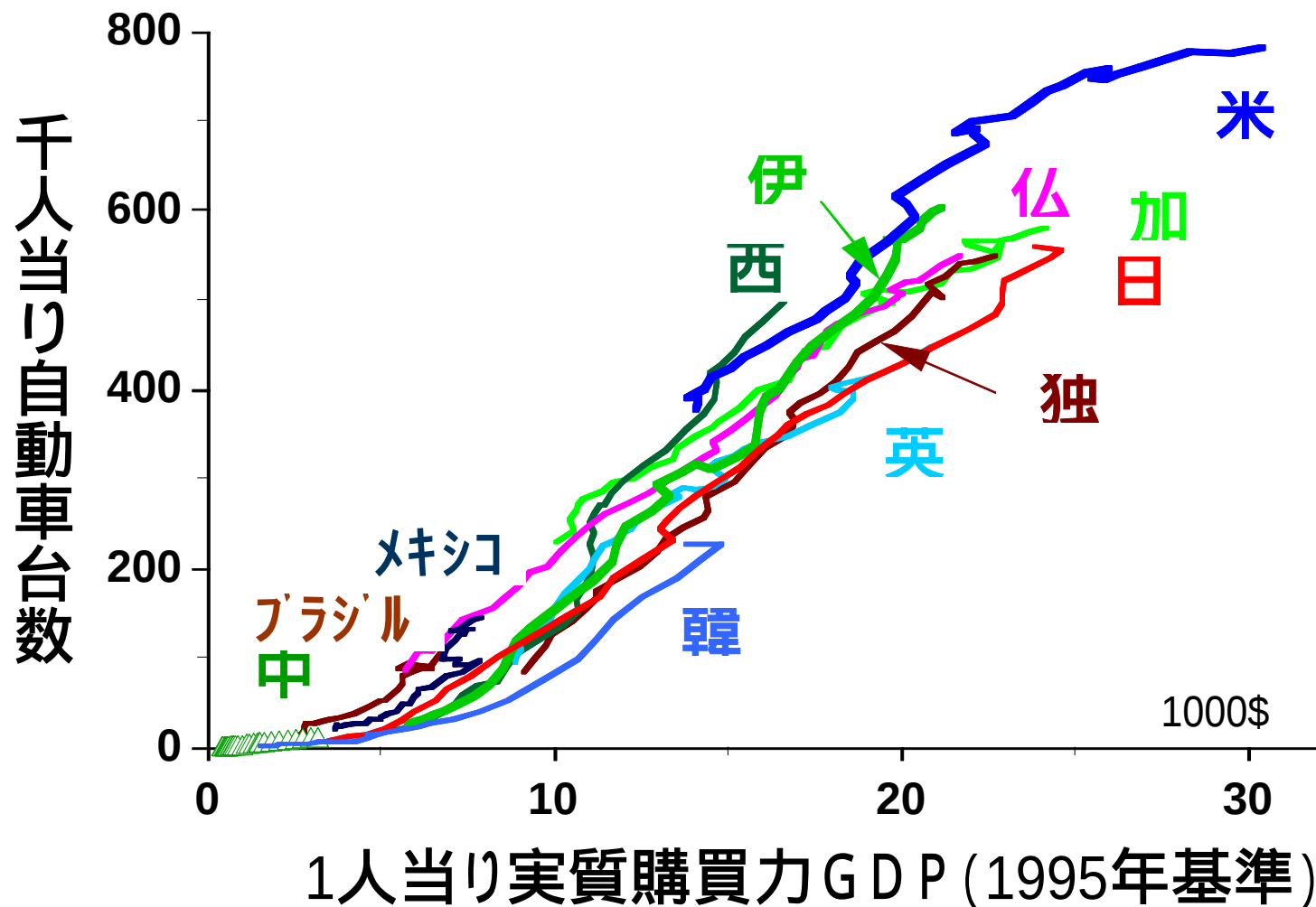
所得弾力性値

($\beta = -0.3$ 固定)



12カ国の自動車保有率と所得

Vehicle ownership & income level of 12 countries

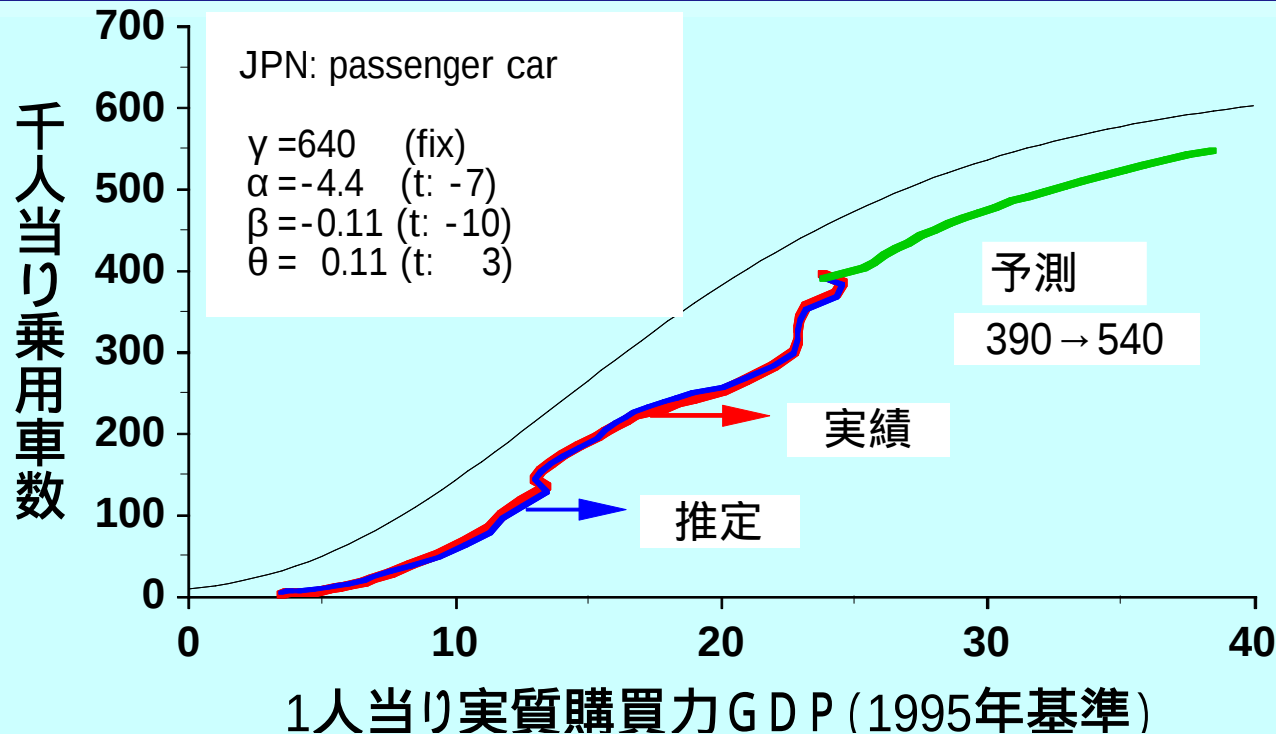


飽和水準(γ)の推定結果

Estimation of saturation level

A : 自動車 $\gamma = 880$ 台 (1,000人当り)

B : 乗用車 $\gamma = 640$ 台 (1,000人当り)

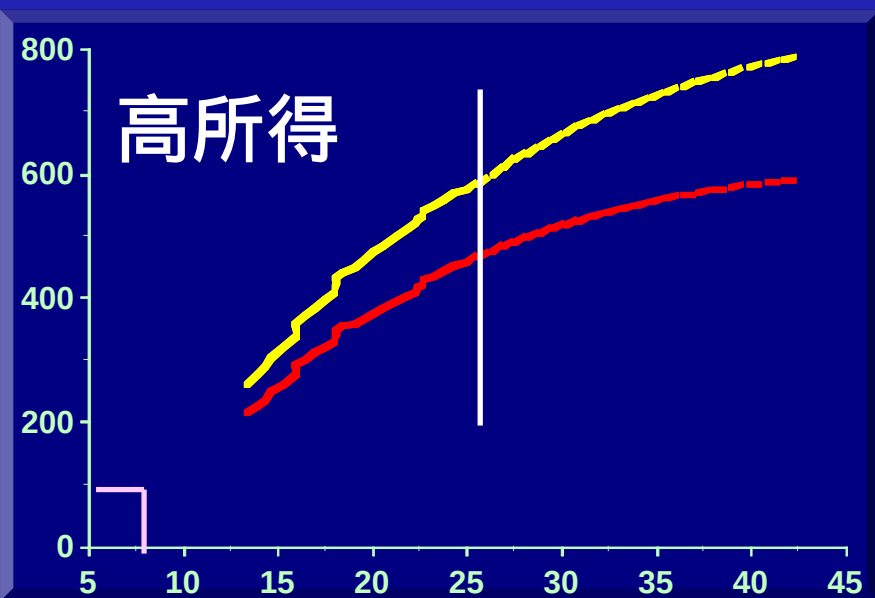
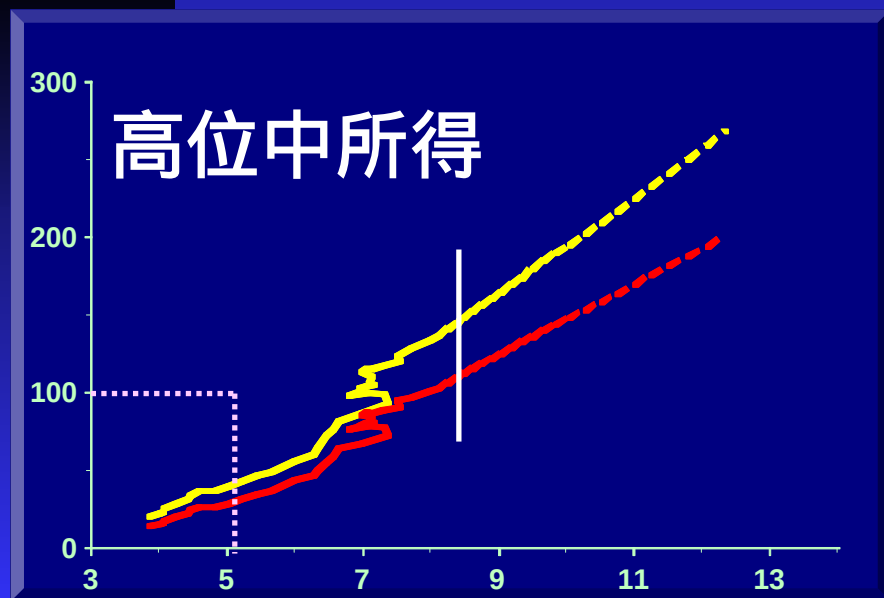
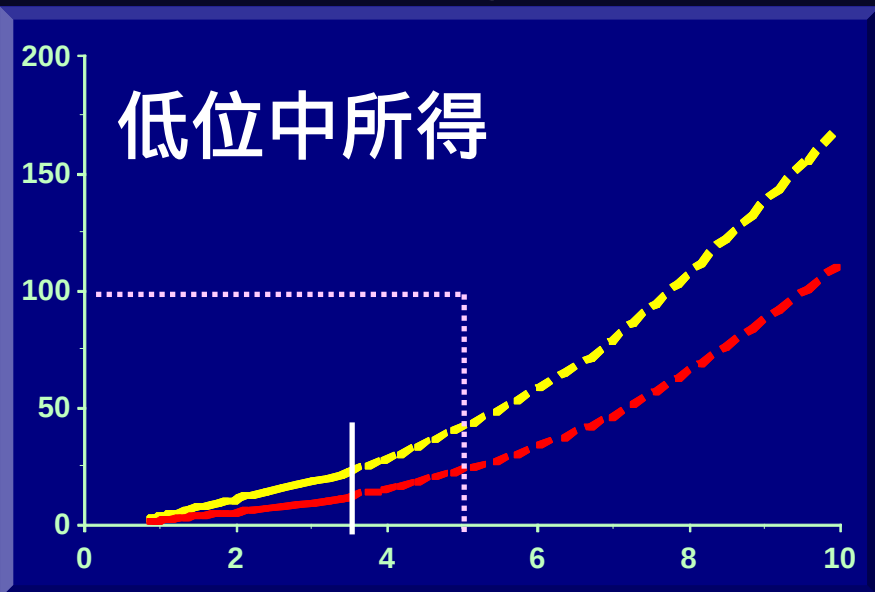
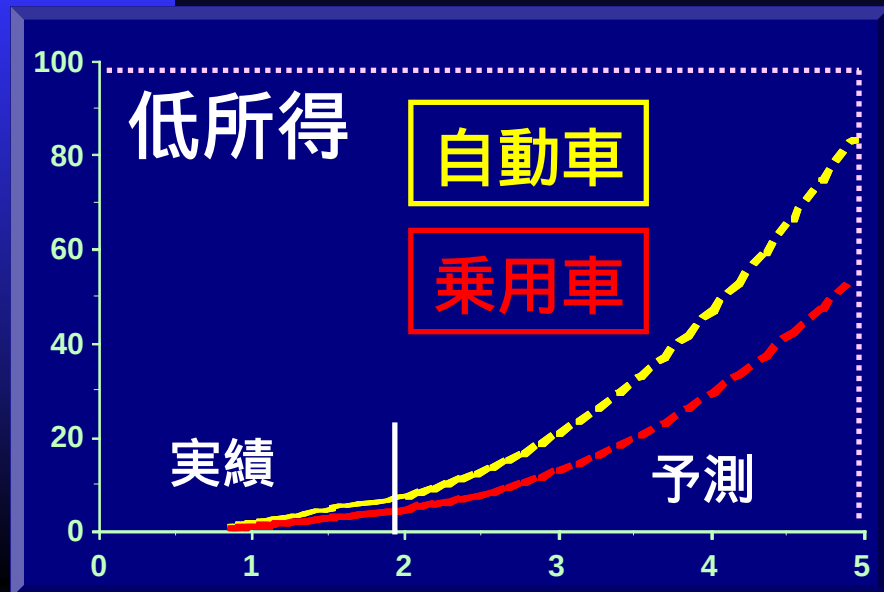


所得グループの包含国(54カ国)

Included countries in 4 group model

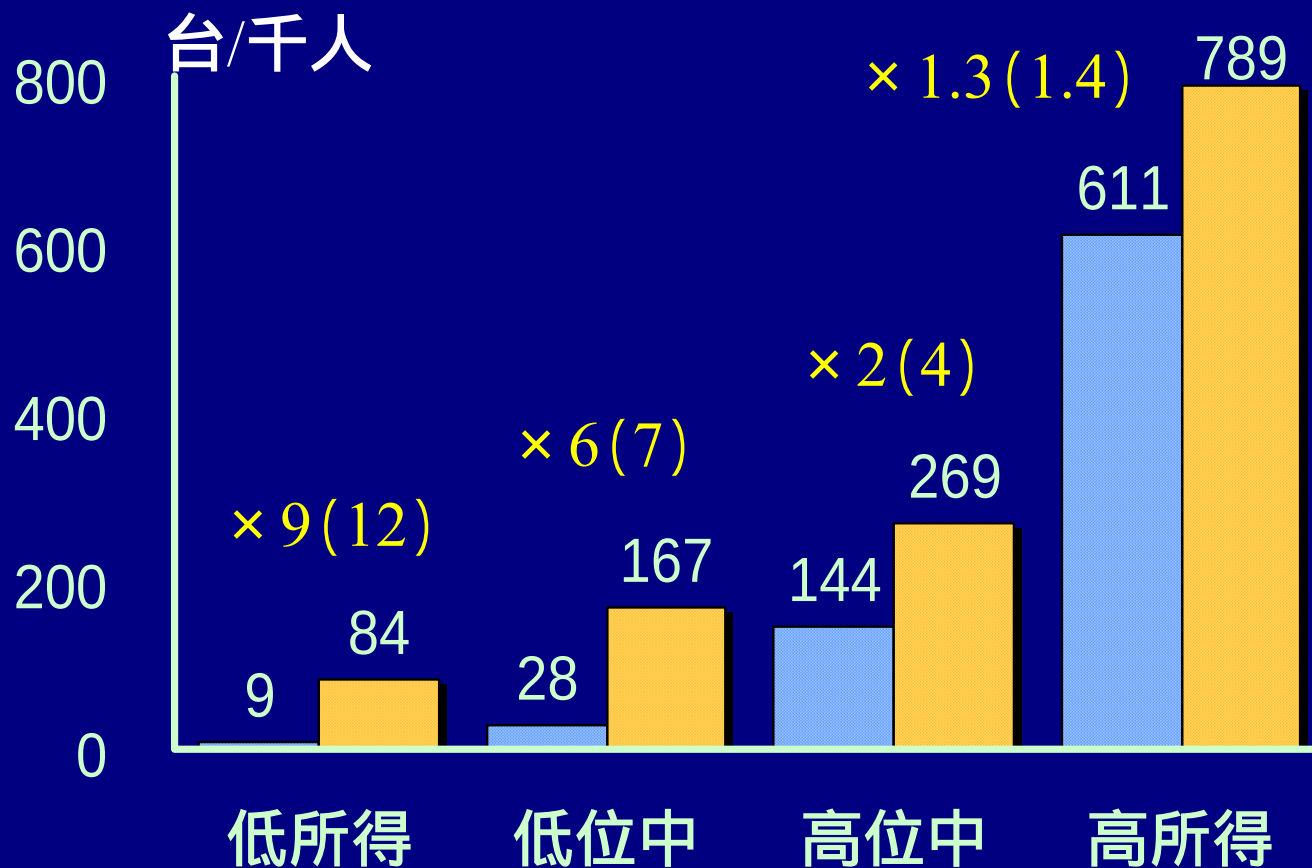
グループ	G1 低所得	G2 低位中	G3 高位中	G4 高所得
所得	760\$未満	760\$以上	3030\$以上	9360\$以上
国数	3カ国	13カ国	10カ国	28カ国
国名	バングラディシュ、インド、パキスタン	中国、インドネシア、フィリピン、スリランカ、タイ、トルコ、エジプト、モロッコ、チュニジア、コロンビア、コスタリカ、パナマ	ブラジル、チリ、メキシコ、ウルグアイ、マレーシア、ハンガリー、マルタ、アルジェリア、モーリシャス、南アフリカ	OECD諸国
	1人当り実質所得増加率(%)			
'80-00	3.6	5.7	0.6	2.0
'00-20	4.2	4.7	2.0	2.3

2020年保有率予測結果 Forecasting results in 2020



自動車保有率:2000、2020年比較

Comparison of vehicles ownership 2000 vs. 2020

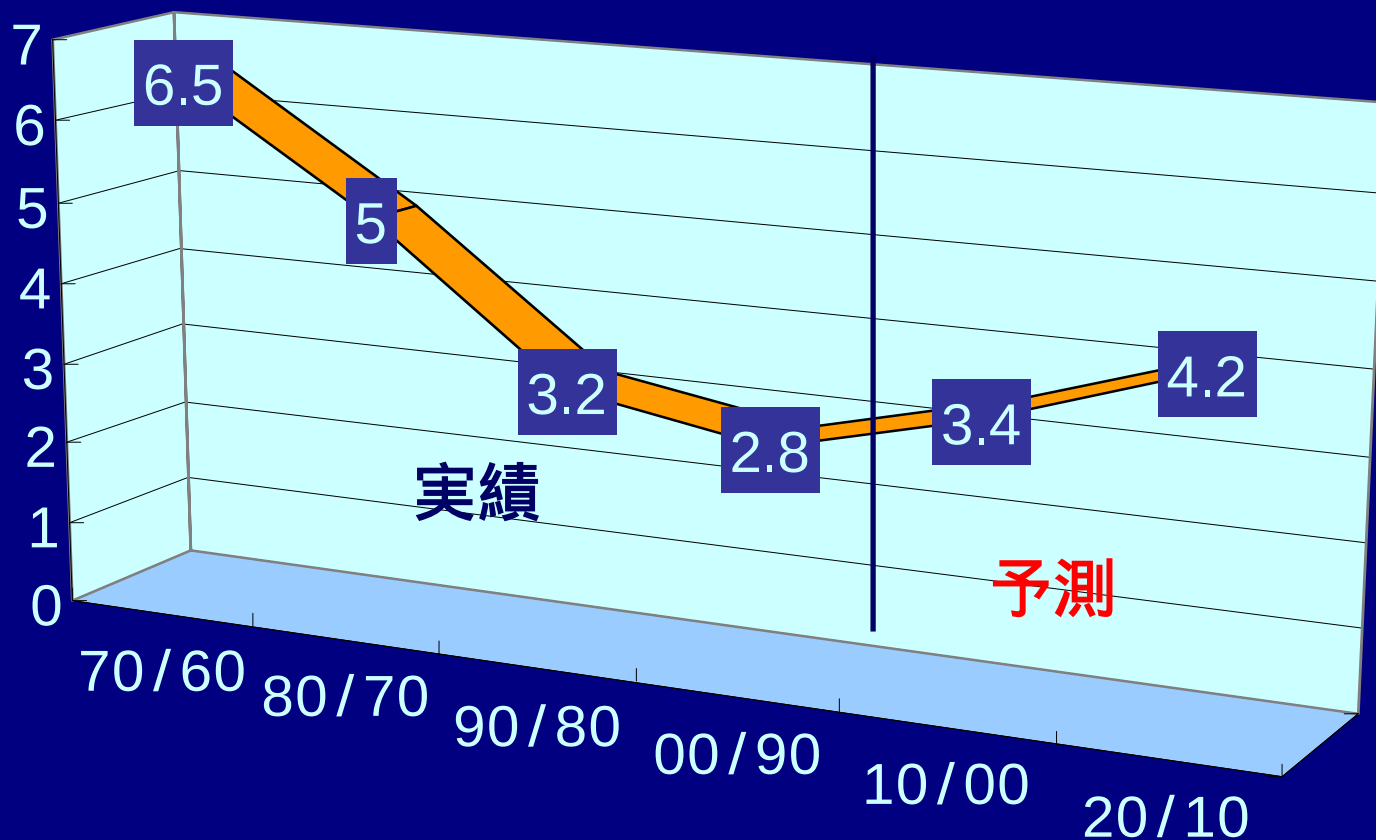


()内は台数ベースの倍率

自動車の増加率1960-2020年

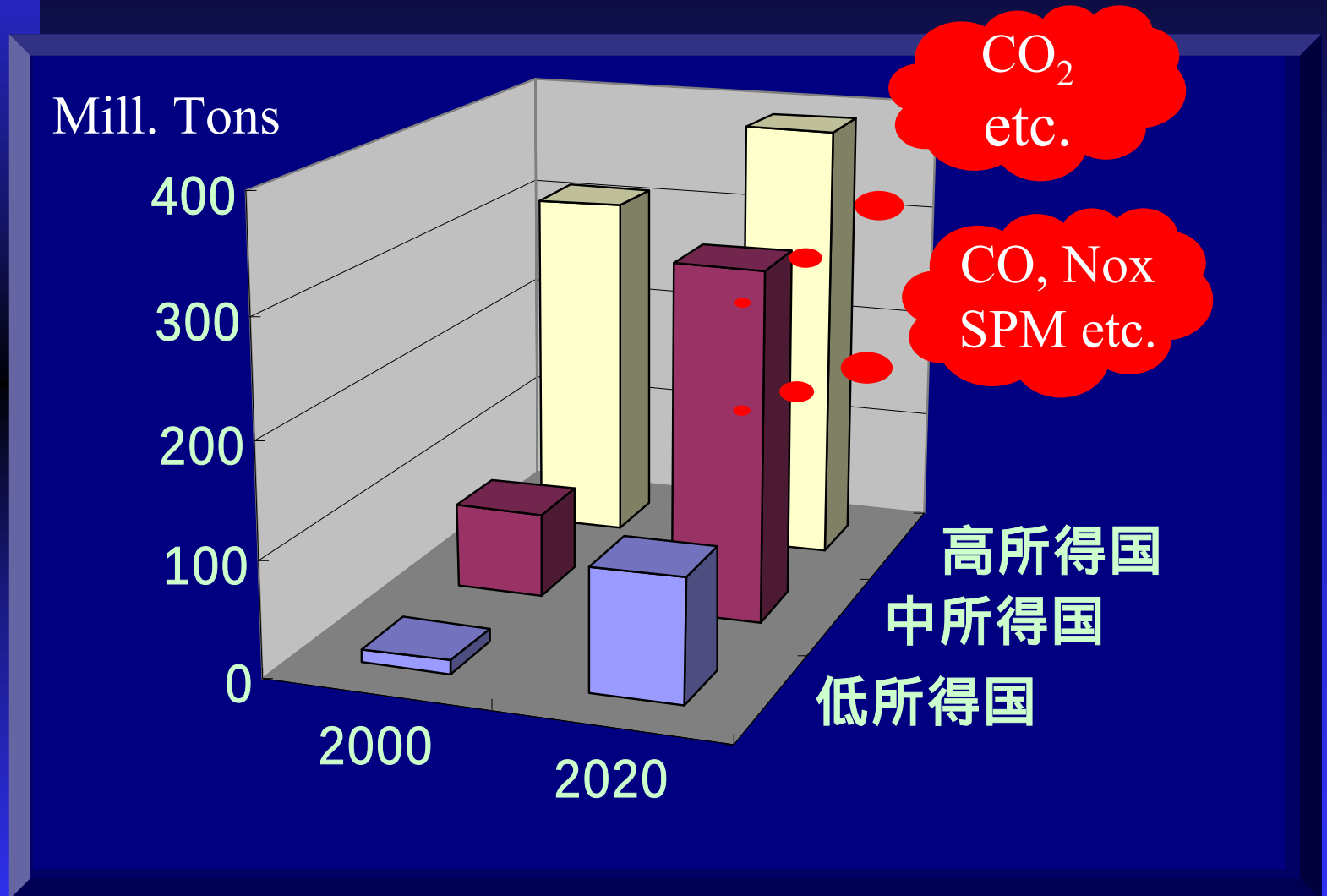
Increasing rate of vehicles

% per annum



乗用車のガソリン消費

Gasoline consumption of passenger car



世界諸都市の大気の質？

(既存統計比較分析)

(モデル車シミュレーション)

Local air quality in different cities



比較により物事の相対的な位置関係を知ること
→ 認識や判断に有力な根拠を与える

It gives our recognition and judgment a strong basis
to know the relative position of things by the comparison.

- (問1) 世界で最も清浄な都市はどこか、わが都市は？
(問2) 都市交通はどれほど関係しているのだろうか？

*Which city is under the best air quality ?
How much dose the transport effect it ?*

3つのアプローチと都市間比較の困難性

Three approaches and difficulties for city comparison

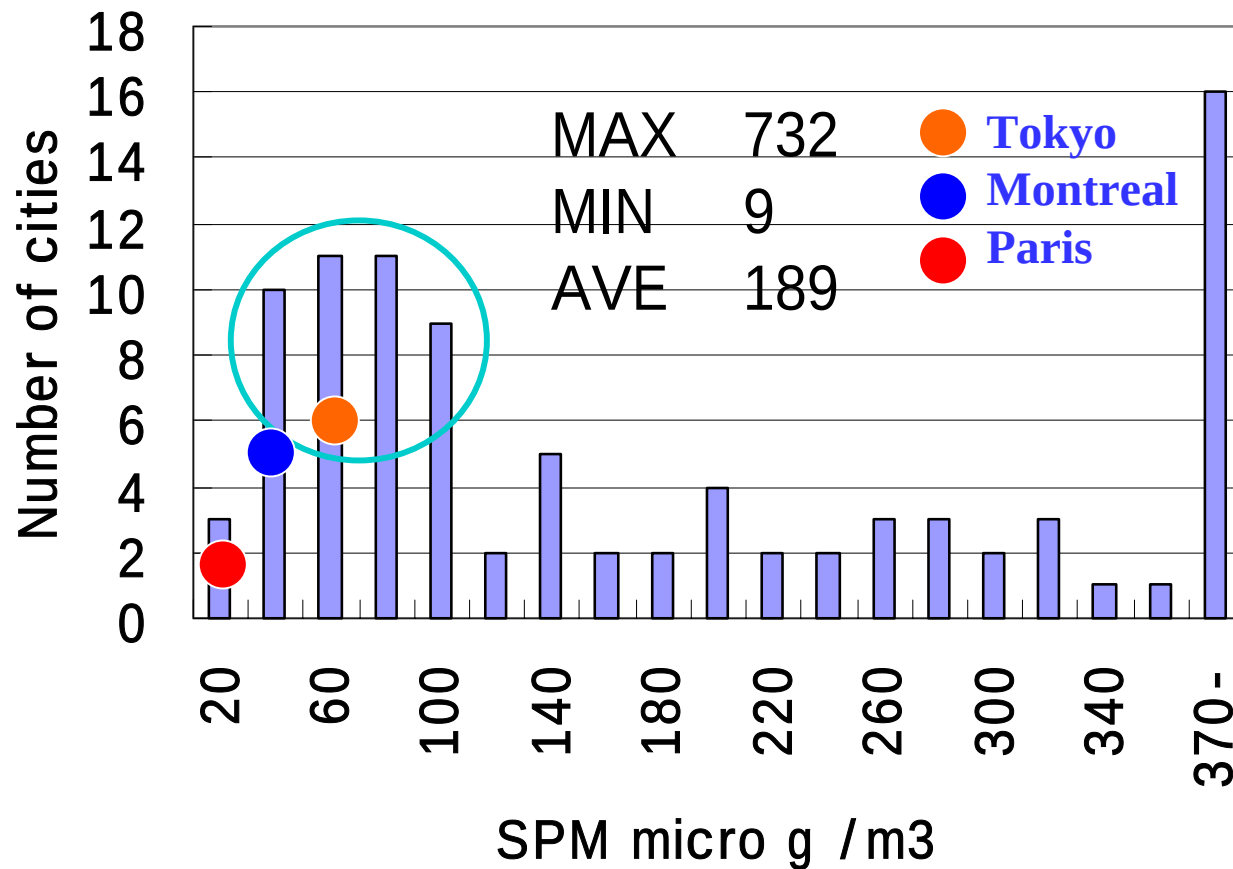
Approach	Feature	Factor
総排出量 Emission	排出源ごと (本源的負荷) By sources	○ 排出係数 × 活動量 Emission rate × Volume 都市特性、精度
汚染濃度 Concentration	大気の質 Quality, itself	○ 観測地点データ Observation points data 地形、気象
被害度 Damage	汚染の帰結 Final results	○ 個別事象の集合データ Data sets of the independent matter

比較可能な共通測定条件の欠如 Lac of common measurement base

既存データによる大気汚染濃度比較

Comparison of air quality by existing data (WB-DB)

SPM: 92 cities data

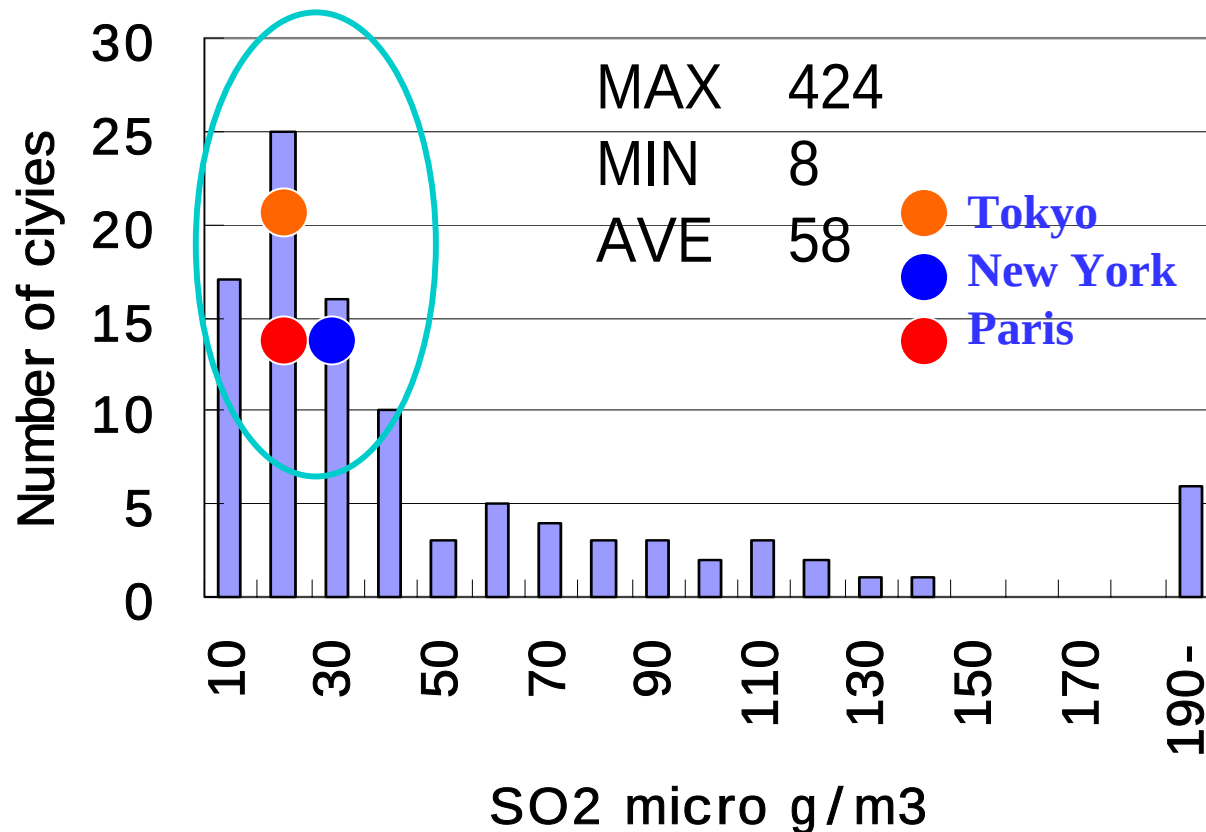


Worst 5:
(Chinese Cities)
(Indian Cities)
Mexico City
Jakarta
Tehran

既存データによる大気汚染濃度比較

Comparison of air quality by existing data (WB-DB)

SO_2 : 101 cities data

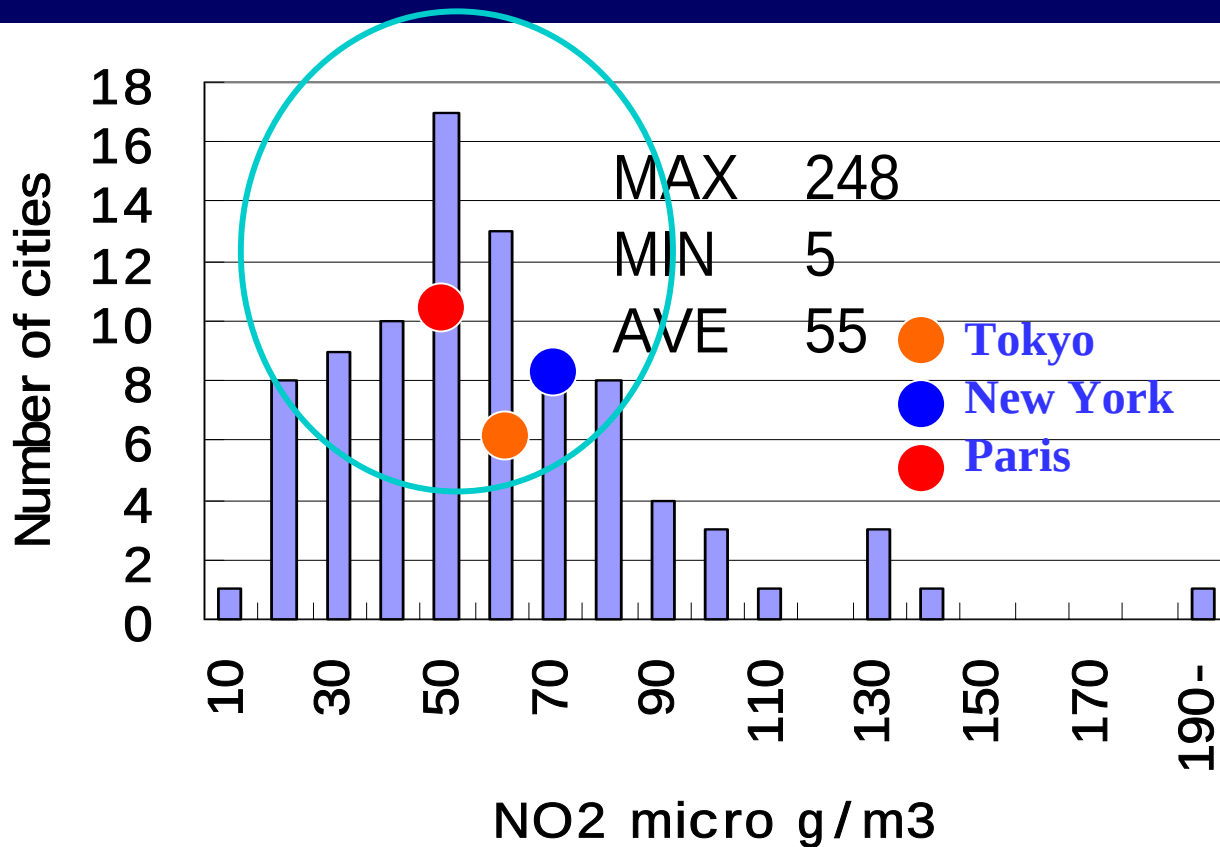


Worst 5:
Milan
(Chinese Cities)
Mexico City
Sofia
Cordoba

既存データによる大気汚染濃度比較

Comparison of air quality by existing data (WB-DB)

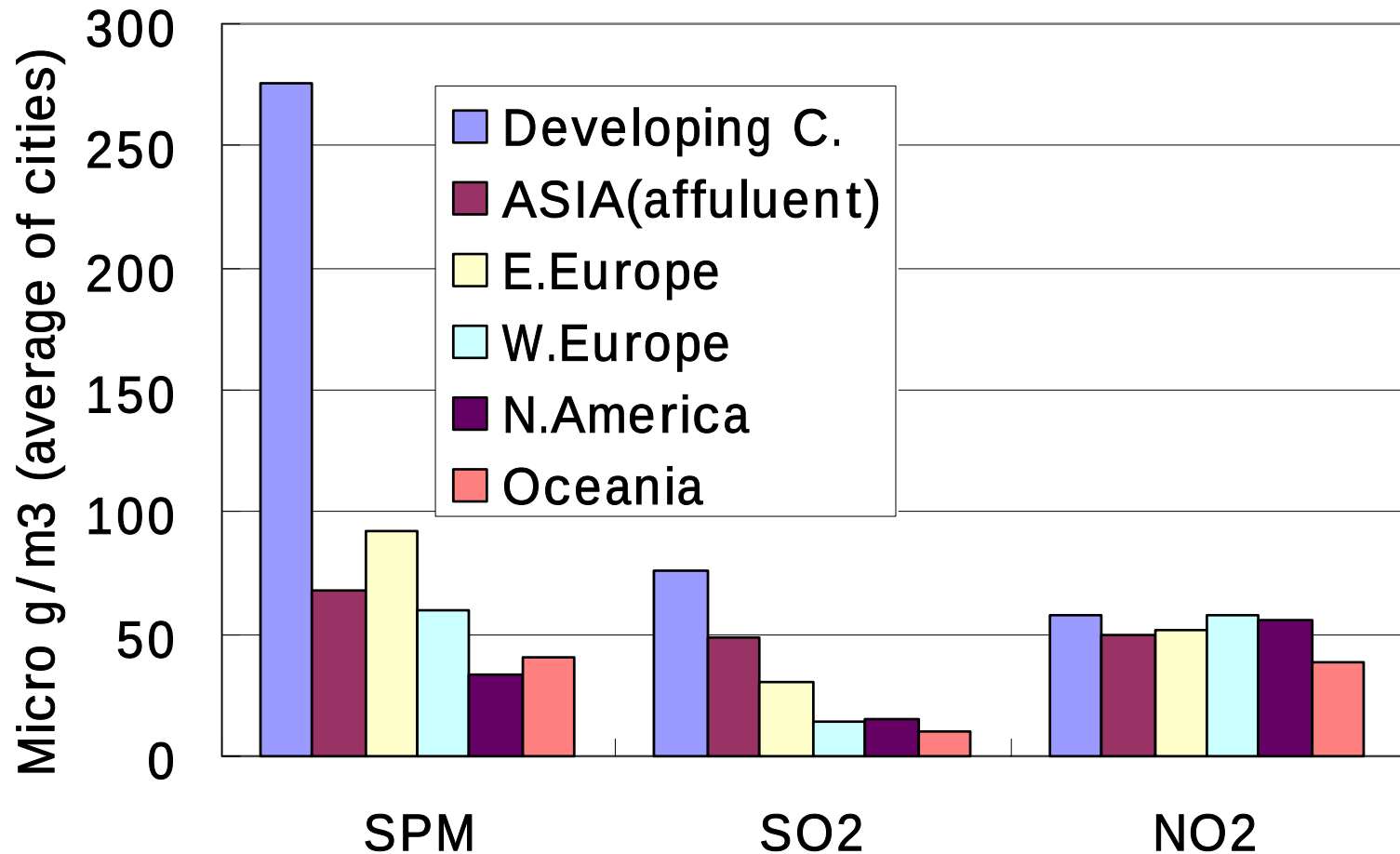
NO_2 : 88 cities data



Worst 5:
(Chinese Cities)
Tehran
Rio de Janeiro
Istanbul
Moscow

世界の地域別汚染平均濃度

Cities average by world region



汚染濃度データ都市間比較の問題

Problems of comparison of air pollutants concentration

比較可能条件の不統一・欠如

Inconsistency of comparative conditions

1. 比較都市域 Area

ex. Tokyo;

NOx: ppm

2000, Year Ave.

	都心3区	区部	東京都	1都3県
一般局	58	51	47	38
自排局	107	106	98	88
全局	89	80	71	53

2. 測定技術手法 Measurement

測定手法、位置、・・・

3. 代表値 Representative indices

観測点密度と不偏性

代表値算出基準 (Year average, 24hours observation)

既存データによる総排出量比較

Comparison of total emission by existing data (UITP-DB)

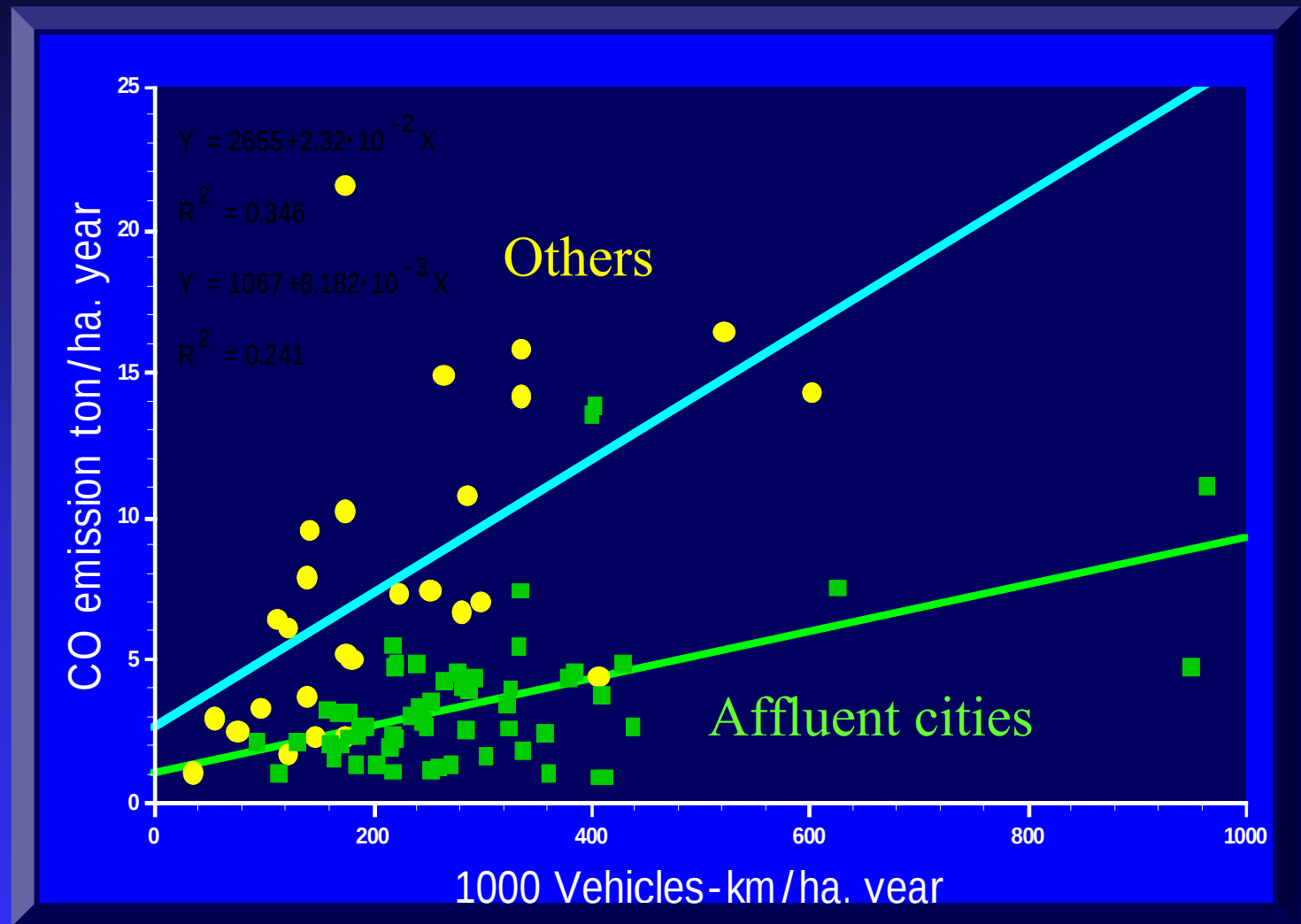
排出源別推計が可能 Availability of estimation by sources

Ex. USA 1998

Source	Particulates	SO ₂	NO _x
Total	100.0	100.0	100.0
Fuel combustion, stationary sources	3.1	85.1	41.7
Industrial processes	1.7	7.4	3.2
Waste disposal and recycling	0.9	0.2	0.4
Highway vehicles	0.7	1.7	31.8
Off highway	1.3	5.5	21.6
Miscellaneous	92.2	0.1	1.4

既存データによる走行台^{キロ}とCO排出量

Vehicles-km vs. CO emission



汚染総排出量の世界地域別平均

Average total emission by world region

	人口密度	非自動車モード	排出/人口	排出/面積
Region	Density (inhabitants per hectare)	Proportion of journeys on foot, by bicycle and by public transport (%)	Emissions(CO, SO ₂ , NO _x , VHC) per inhabitant (kg)	Emissions(CO, SO ₃ , NO _x , VHC) per hectare (kg)
USA and Canada	19	14	237	3,950
Oceania	15	21	189	2,800
Western Europe	55	50	88	4,800
Central and Eastern Europe	71	72	89	4,600
Asia (affluent cities)	134	62	31	3,900
Asia (other cities)	190	68	84	14,200
Middle East	77	27	215	15,000
Africa	102	67	148	8,600
Latin America	90	64	118	9,300

総排出量データ都市間比較の問題

Problems of comparison of total emissions

推計根拠の不明確さ

In-distinction of estimation base

1. 比較都市域 Area
2. 推計手法 Methods
3. 対象範囲 Mode, coverage

Ex. UITP data;

Emissions; Total annual transport related emissions
in the metropolitan area.

排出量水準の推計試算

Estimation of total emission

- (Case1) 世界の各都市に排出係数の同じ乗用車を走らせる
→ 自動車交通条件(交通量、走行速度)による
環境負荷度の比較
- (Case2) 各都市で交通量を10%削減する
- (Case3) 各都市で平均速度を20%引き上げて走行させる
→ 交通インフラ整備の効果比較

総排出量と関連要素の相関検定

Test of co-relation between total emissions and related factors

	CO	SO2	VHC	Nox
1. V Number/ha	0.44	0.38	0.61	0.36
2. v.km/ha	0.31	0.26	0.31	0.37
2'. (先進国のみ)	0.43	0.52	0.46	0.45
3. Velocity	-0.47	-0.54	-0.47	-0.48
4. GDP per capita	-0.49	-0.29	-0.41	-0.29

相関有無のt-検定結果は、SO2-v.km/haが有意水準5%で有意のほかは全て有意水準1%で有意。

2'は先進国56都市のみのデータによる結果である。

Method:

$$TE = \sum_j [N_j \{ \sum_v E_j(v) \cdot M_j(v) \}]$$

TE: **総排出量** (g/year.ha)

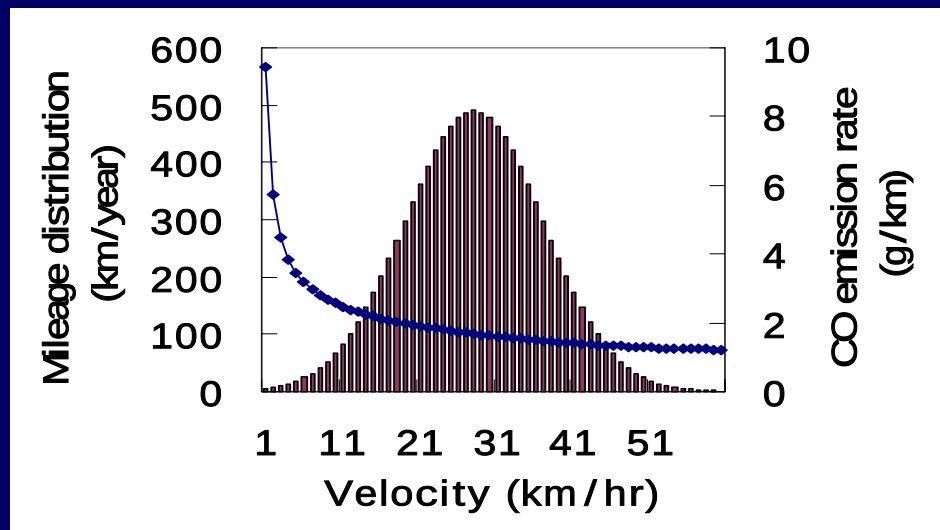
N_j: **乗用車台数** (Vehicle/ha)

E_j(v): **排出係数** (g/km) :E-V curve

M_j(v): **速度別走行キロ** (km/year) :Q-V curve

j: **自動車モード**

v: **走行速度** (km/hr)



Q-V curve:

使用データ (UITP):

- 車両数 (N/ha)
 - 乗用車
 - バイク
- 年間平均走行距離 (km/vehicle.year)
- 平均走行速度 (km/hr)

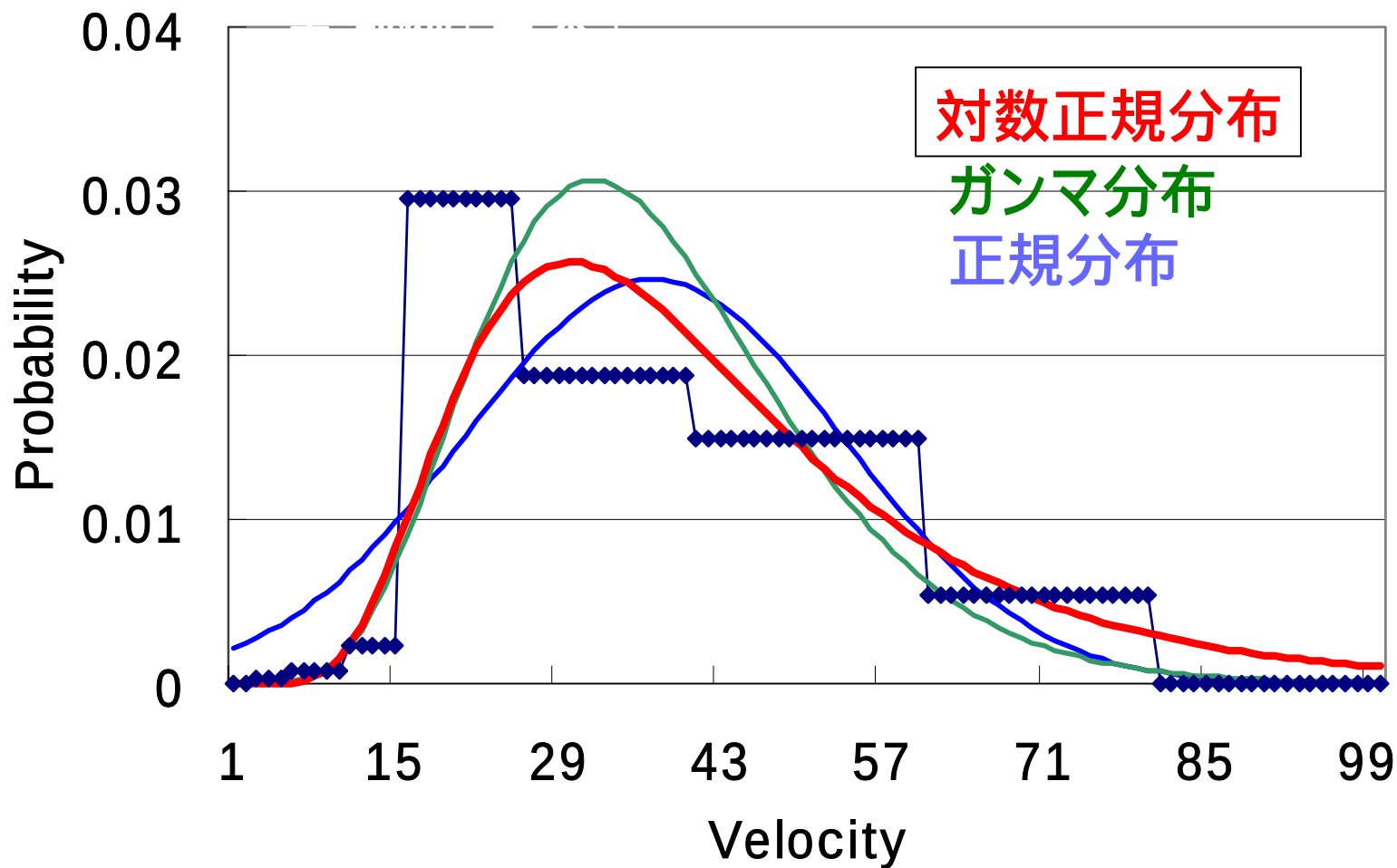
仮定1 Assumption1:

年間総走行距離は速度を確率変数として対数正規分布する。

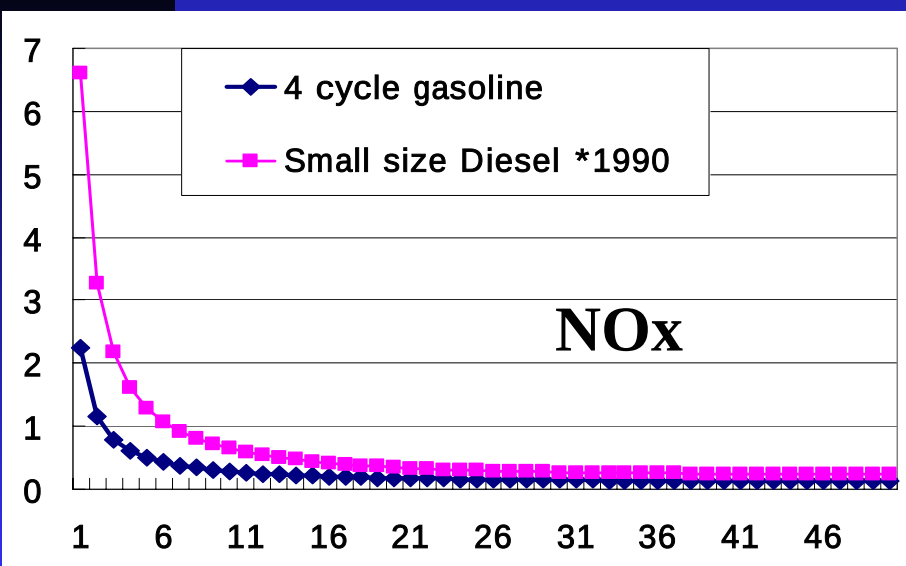
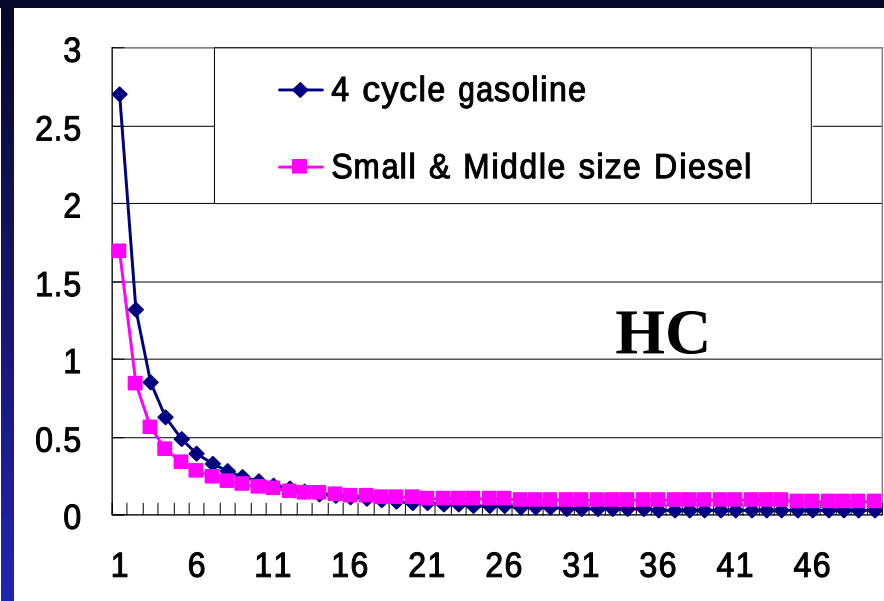
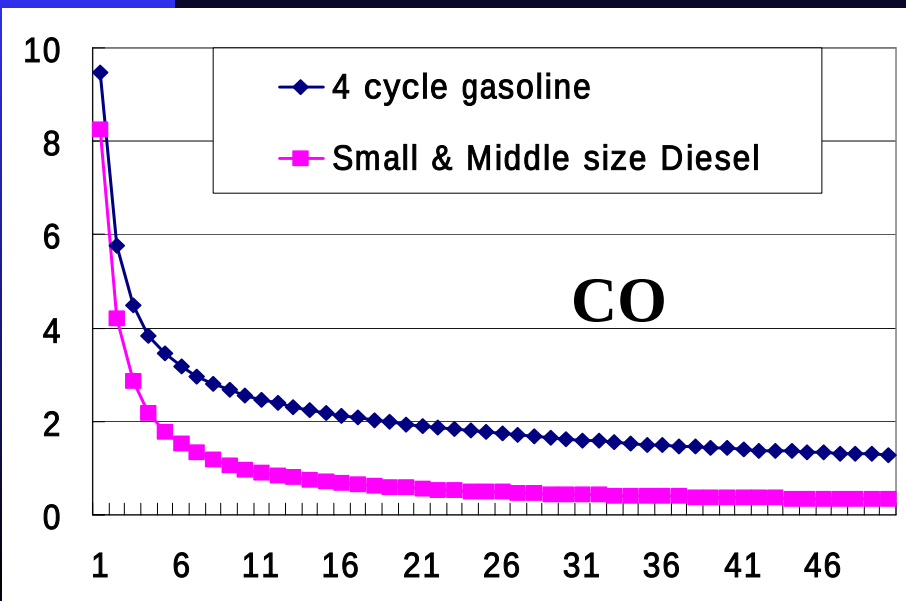
分布平均値: 平均速度 (AV)

分布標準偏差 (変動係数50%仮定):

速度別走行車両出現確率



E-V curve: 日本の1986 規制、1990規制乗用車の例



縦軸: 排出係数 (g/km)
横軸: 走行速度 (km/hr)

車両構成(仮定2)

Composition of vehicles

乗用車 passenger car

4 cycle gasoline engine 90%

Small size diesel engine 5%

Middle size diesel engine 5%

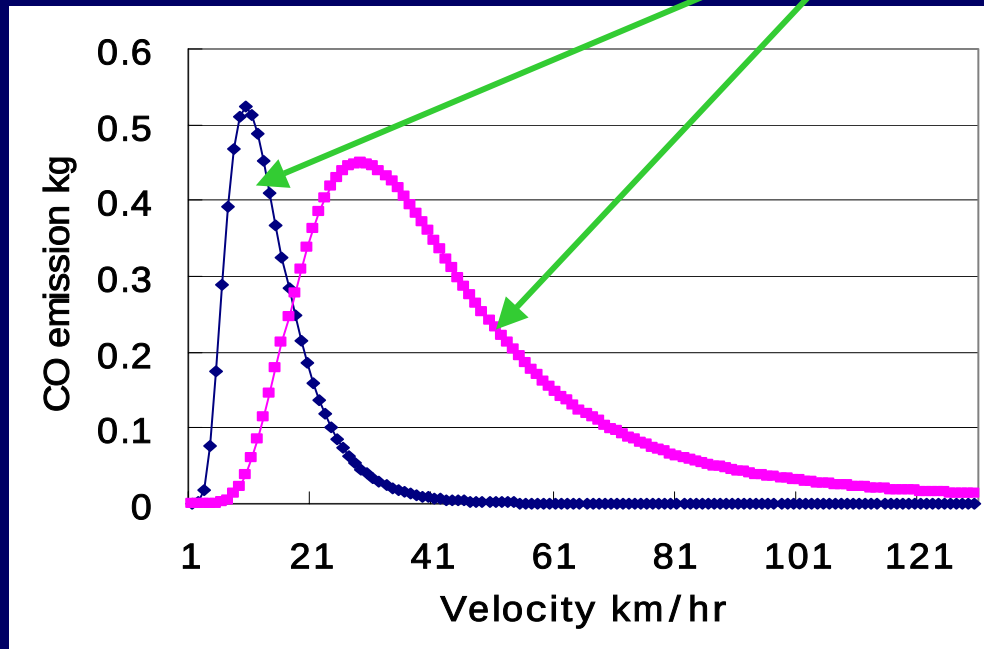
バイク Motorbike

2 cycle gasoline engine 100%

(乗用車データを代用)

例. 4 cycle gasoline engine passenger car :CO

	台数	走行距離	排出	総排出
	N/ha	1000km/N	Kg/N	Kg/ha
Perth	6.5	12.4	18.7	121
Bangkok	32.3	3.1	7.1	228



平均走行速度

Average V.

Perth

46 km/hr

Bangkok

15 km/hr

(Case1) 世界の87都市に排出係数の同じモデル車を走らせる

If the same model vehicles are running in the cities of the world.

偏差値平均 T-score average of CO, NOx & HC emissions

Worst 12 cities

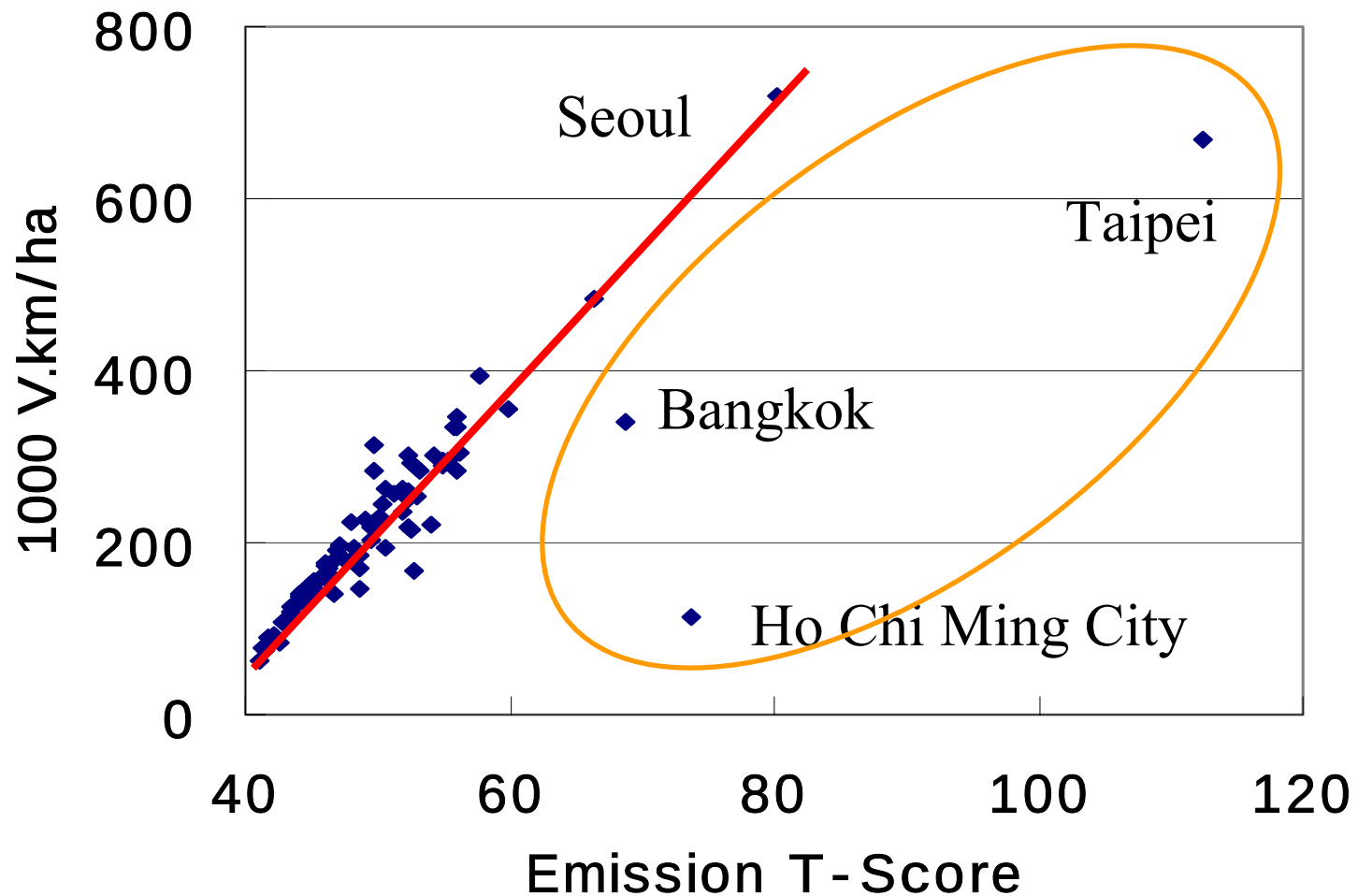
Taipei
Seoul
Ho Chi Ming City
Bangkok
Barcelona
Bologna
Mexico City
Geneva
Stuttgart
Madrid
Athens
Lille

87都市中の順位

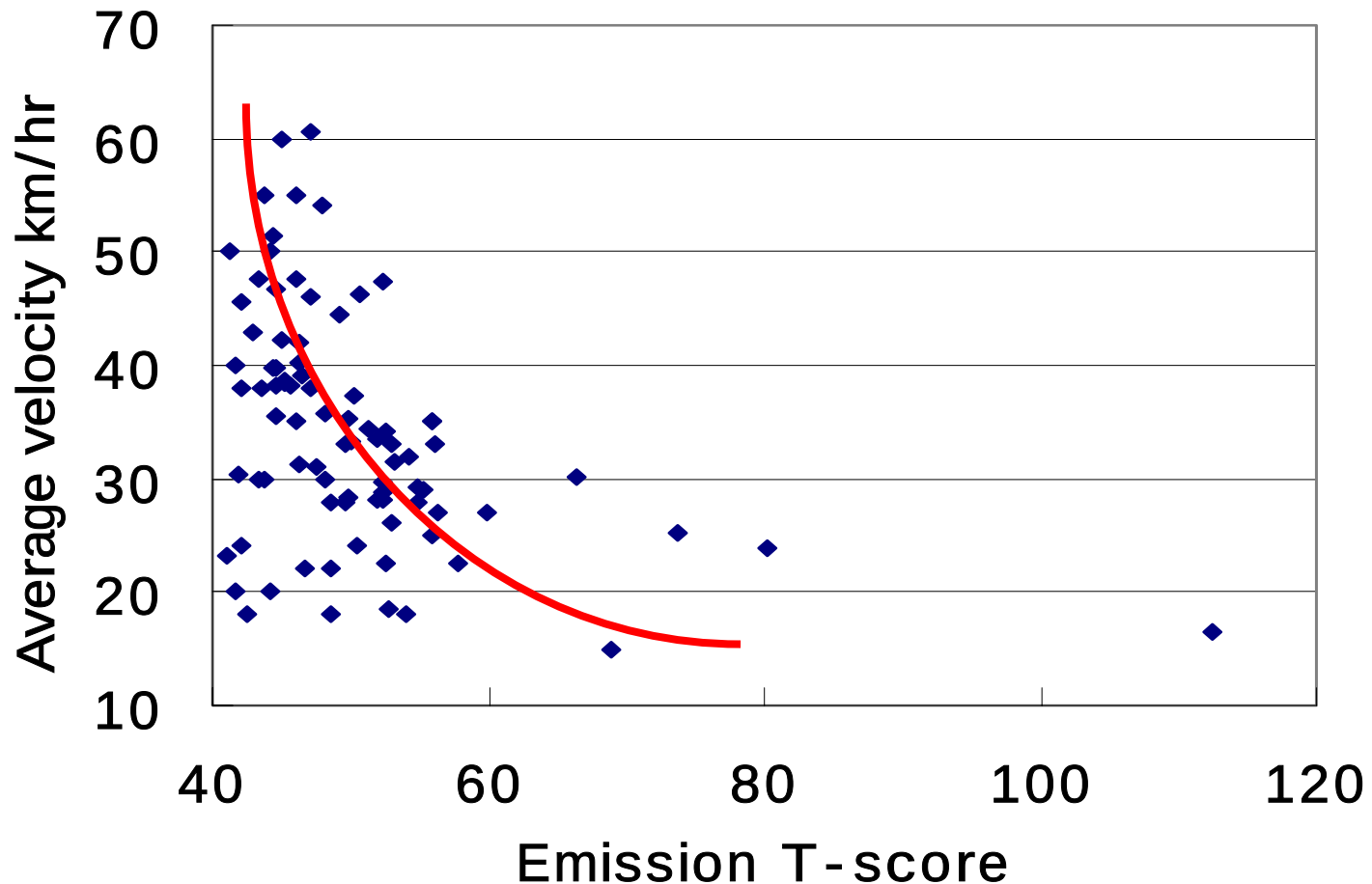
Washington	34
Los Angeles	63
London	62
Tokyo	68
Rome	73
Berlin	42
Paris	45
Toronto	20
Melbourne	12

必ずしも途上国都市での排出が多いとはいえない。

Traffic volume & estimated total emission



Average velocity & estimated total emission



(Case2) 各都市で自動車交通量を10%削減

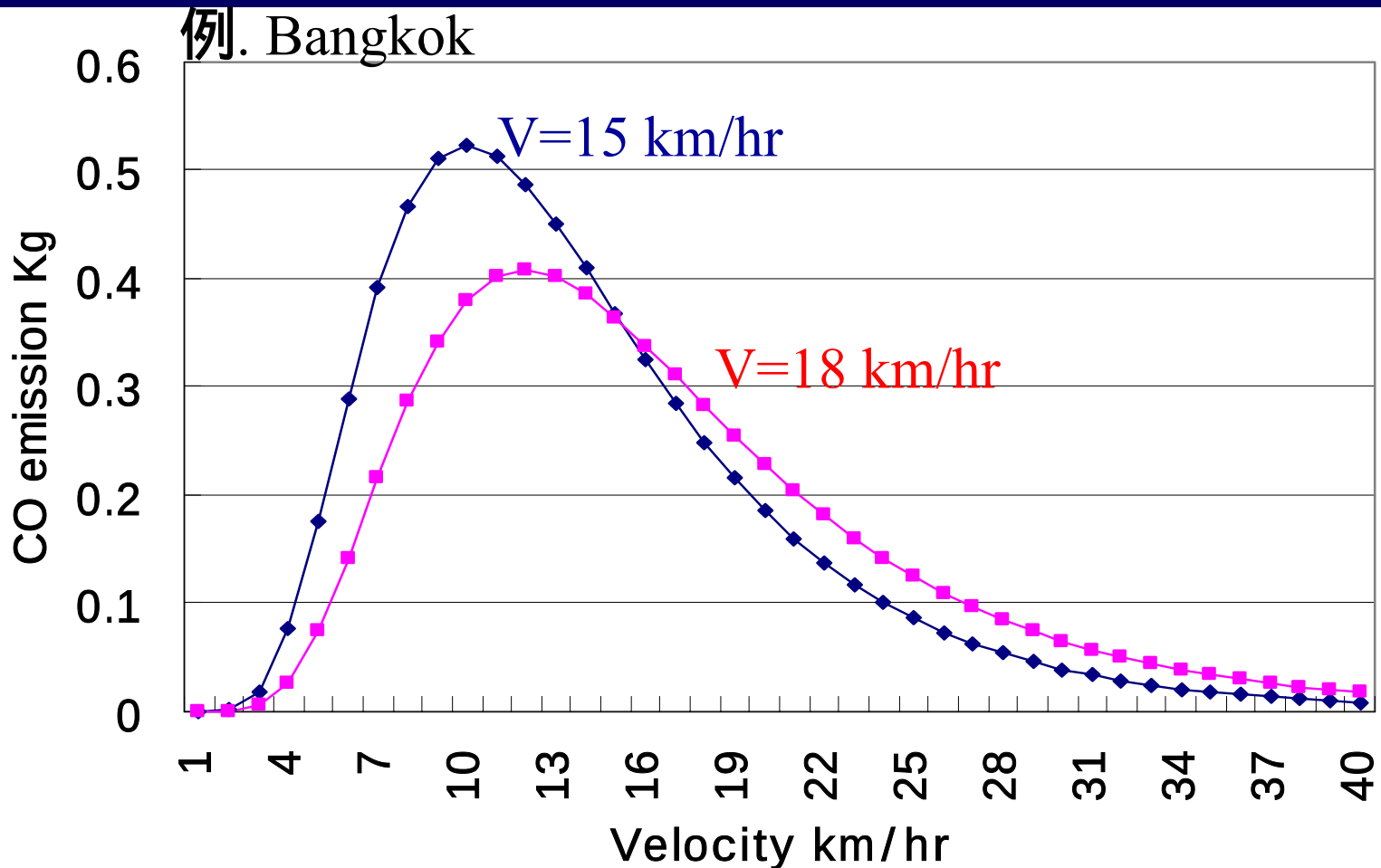
If traffic volume decrease by 20% in the cities of the world.

- ・ 排出量は等しく1割減少
- ・ 排出抑制の量的な効果が大いなのは基準ケースで排出量が多い都市

Taipei, Seoul, Ho Chi Ming City, Barcelona, Bangkok

(Case3) 各都市で平均速度を20%引き上げて走行

If the average velocity rises by 20% in the cities of the world.



排出削減の大きい上位12都市

The 12 cities whose reduction rate of emission are bigger.

CO:9.4

~ 7.5%

Bangkok
Jakarta
Guangzhou
Taipei
Shanghai
Ho Chi Ming City
Chennai
Beijing
Mumbai
Tehran
Kuala Lumpur
Manila

HC:19.7

~ 17.4%

Mexico City
Cairo
Cracow
Manila
Marseille
Geneva
Tokyo
Sao Paulo
Hamburg
Lyon
Vienna
Graz

NOx:6.8

~ 10%

Manila
Cairo
Mexico City
Marseille
Cracow
Taipei
Bangkok
Sao Paulo
Seoul
Beijing
Tokyo
Geneva

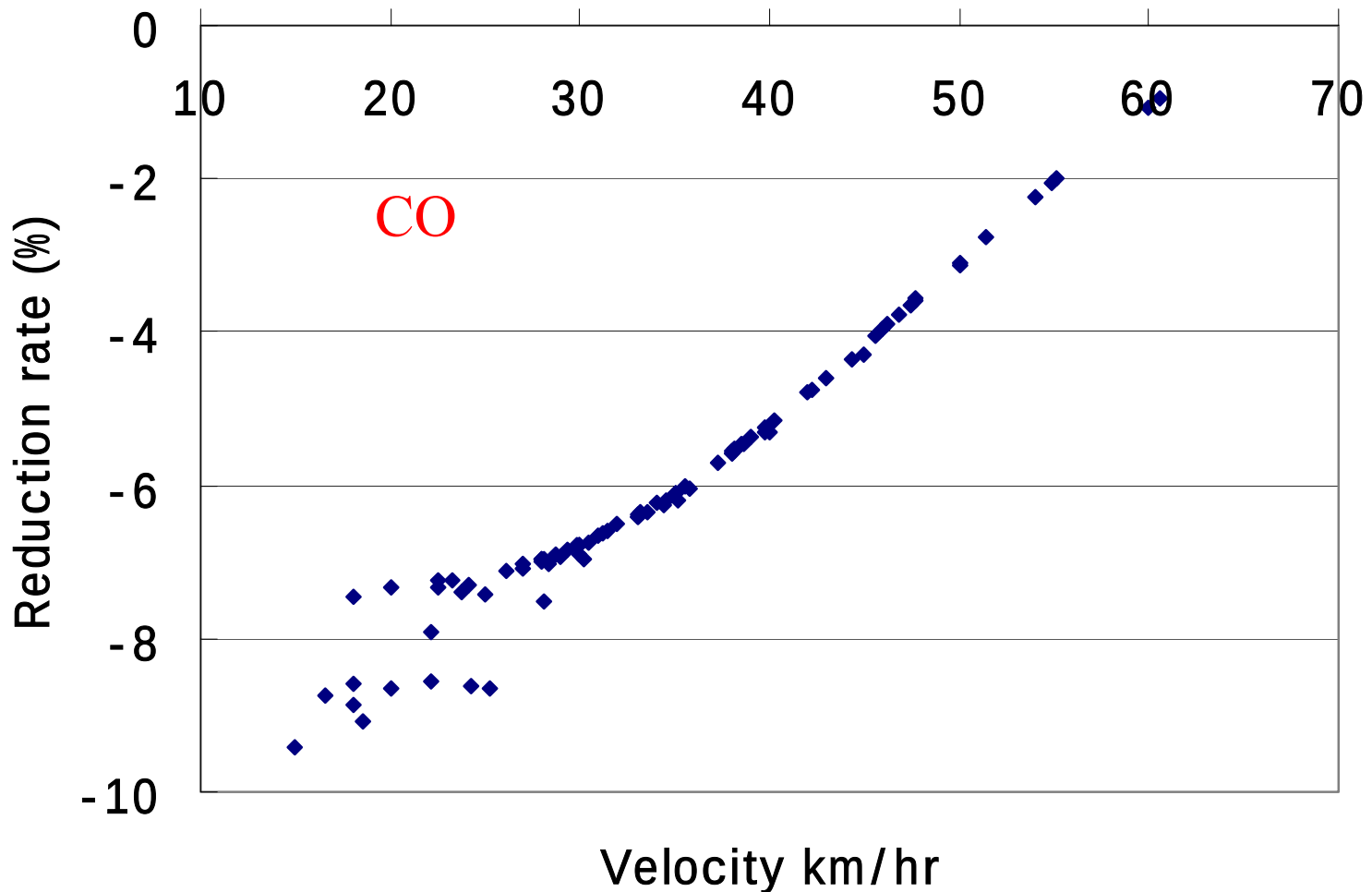
NOx:-5.3

~ -2.1%

San Diego
Houston
Denver
Atlanta
Ho Chi Ming City
Riyadh
Brisbane
Toronto
Copenhagen
Harare
Phoenix
Calgary

平均走行速度とCO排出削減率

Average velocity & reduction rate (CO case)



まとめ Conclusion

1. 先進国の自動車保有率飽和 vs. 途上国の増加
2. モデル車走行を仮定すると、必ずしも途上国の総排出量が大いとはいえない。
3. 走行条件の改善によりCO, HC等は排出が抑制される。
E-V curve の傾斜度に応じて、HCの削減率はCOより大きい
4. NO_xのように走行速度改善が排出量を増加させるケースがある。
(汚染物質排出抑制におけるトレード・オフ)

ご清聴感謝します