交通と輸送の技術
都市と交通のシステム第4回

- なぜ，いま，交通計画を考えるのか？
- 大学講義の意味･･･なぜ関西弁をやめないの？
- TODとは何か？

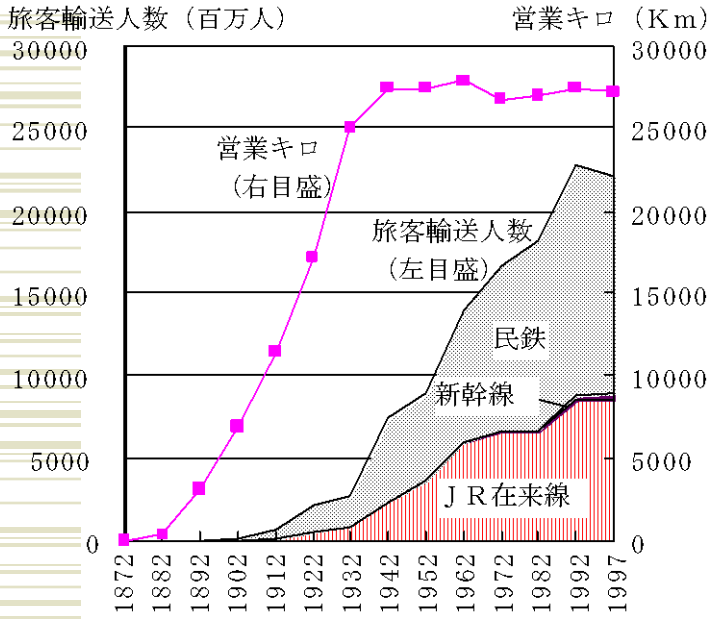
交通計画の究極の目的:ロマン

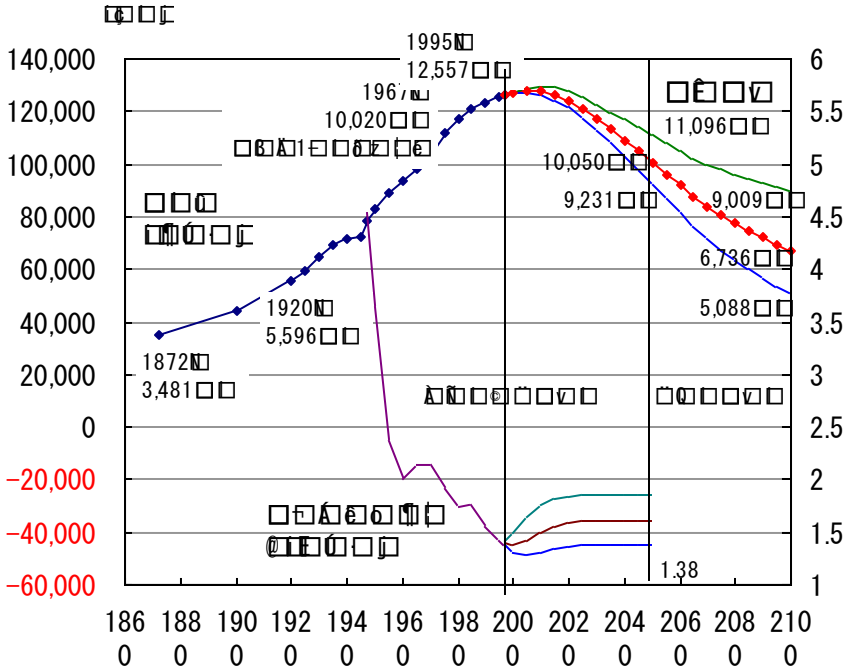
- 製品や商品は、資源と知識を組合せて作る
  →資源獲得競争は、戦争につながってしまう
- 新しい知識を作るために、意見の交換が大事
  →人々は忙しくなり、会うことがますます困難になる
- 交通の仕組みは、一人では用意できない
  →自分一人でジャンボ機･新幹線は持てない
  →社会として、公共として、初めて用意できる
  →個々の生活が苦しい今、本当に必要なものを明らかに
- 交通を使い、友達と会って意見を交換することの重要性を世界の人に分かってもらう
  →世界平和に貢献したい！

コミュニケーションの高度化

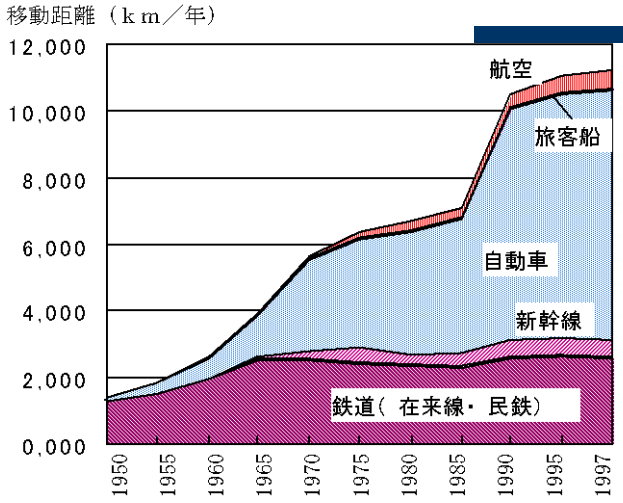
- より広い範囲から適切な知識を持つ相手を選べばよい.

日本の鉄道：営業キロ5倍×スピード6倍×人口密度3倍

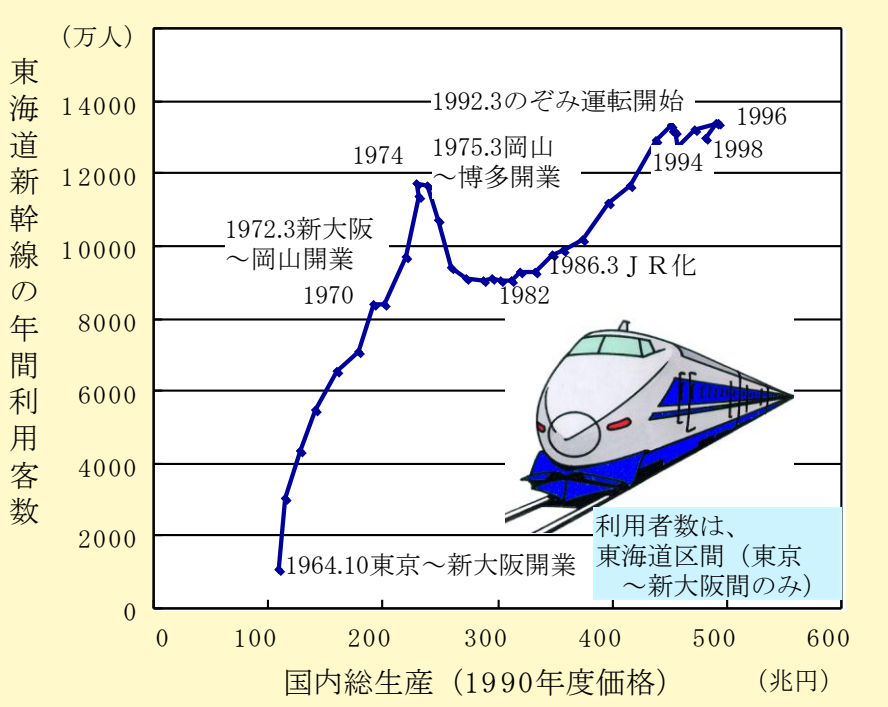




コミュニケーションの高度化



国民１人当たりの
移動距離の推移



図－１　国内総生産と東海道新幹線の利用者数の推移

経済成長と移動距離の増加は同時に起こってきた.
ＩＴ技術は，広い範囲から相手を選ぶのに役立つ.

コミュニケーション費用の節約

- 内容が複雑でないコミュニケーションは，電話などの情報通信に置き換えれば，移動時間と費用が節約できる.
- 電話→FAX・電子メール
  - 画像情報のやりとり，時間差の吸収
- 固定電話→携帯電話
  - 移動時間の利用・相手がつかまりやすい
- 物流部分の外注化（宅急便）

代替

コミュニケーション費用の節約

- ITは，置き換えられずに残るコミュニケーションの効率化にも役立つ
- 電話による約束　→不在や待ちを小さく
- 電子メール　　→多人数の予定の調整
- 交通・宿泊・情報とオンライン予約・地図情報　→費用の節約と不確実性の減少

補完

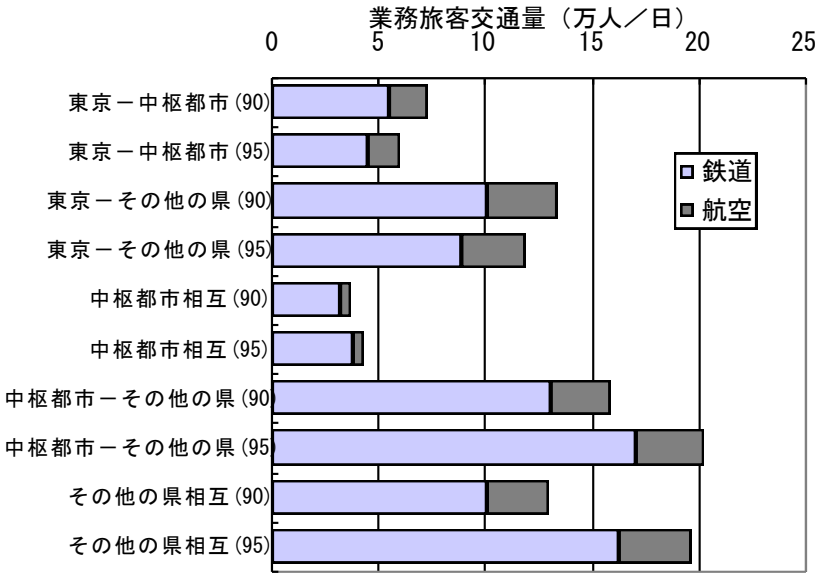
ＩＴが交通費用を低める働きもある.

交通と通信との分担関係

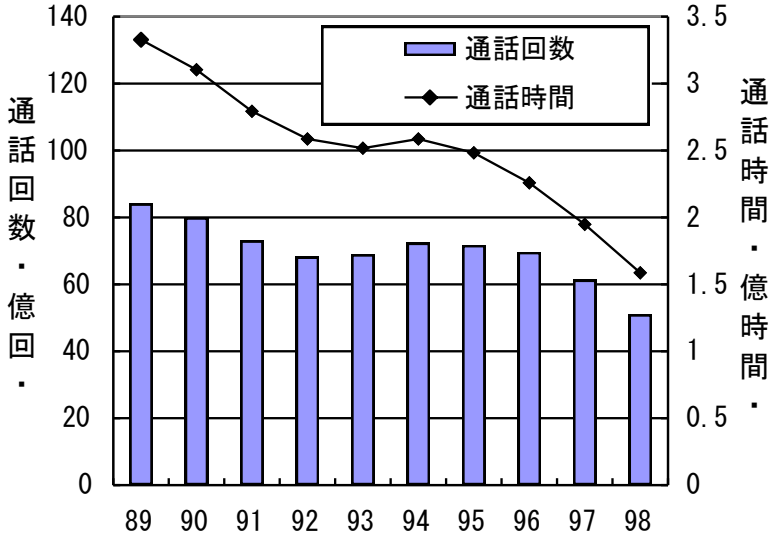
- 通信技術の飛躍的発展とコストの低下
  - 交通が通信に置き換えられる（代替）
  - 置き換えにくい対面接触のための交通は
    むしろ重要性を増す（補完）という予測も

- データを用いた実証研究
  - 都道府県間交通量データ（運輸省）90,95年
  - 都道府県間電話通話回数データ（郵政省）89-00年

交通と通信の経年変化



図－１　業務旅客交通量の推移



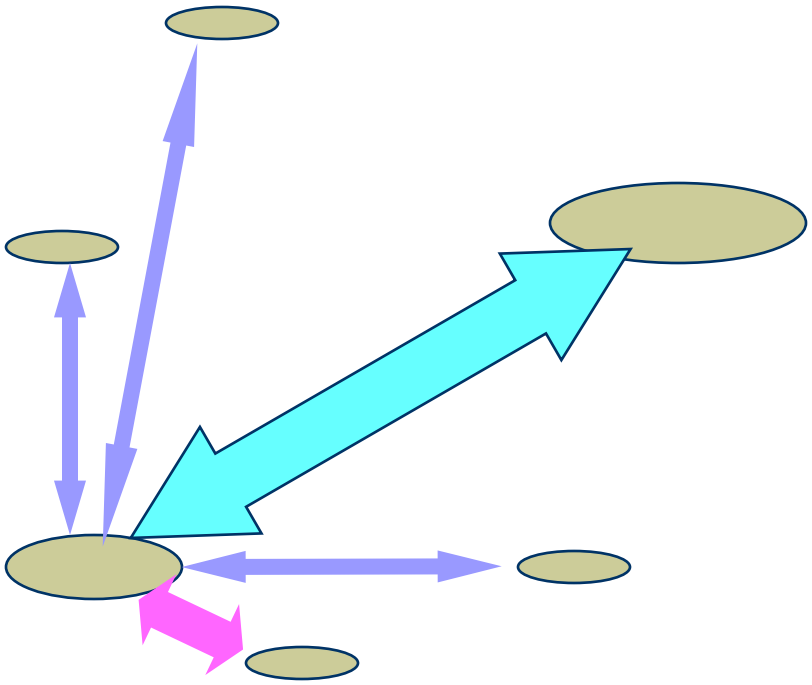
図－２　都道府県間通話回数と通話時間の

東京からの交通は減っている.
中枢都市圏とその他の県間は増加

長距離の通話は,
回数・時間ともに
減少している

都市間交通と万有引力

- 大きい都市の間の交通は多い
- 近い都市との間の交通は多い

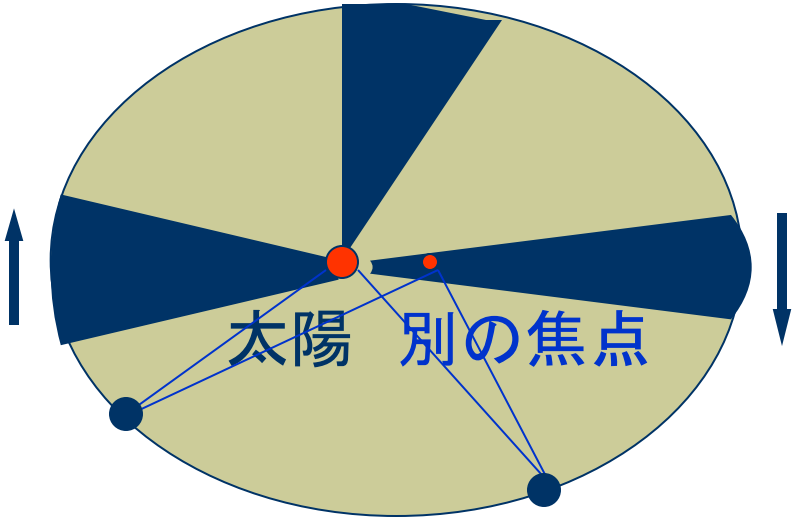


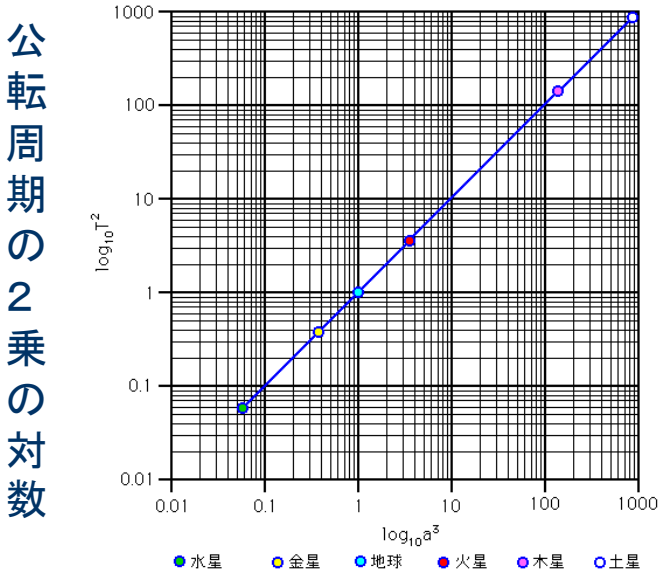
$$\text{交通量}_{ij} \propto \frac{\text{人口}_i \cdot \text{人口}_j}{\text{距離}^{\alpha}}$$

ニュートンの
万有引力の法則と似た形

ニュートン「万有引力の法則」

- 惑星運動に関するケプラーの法則（1609,1619）
  - 惑星は太陽を1つの焦点とする楕円上にある
  - 惑星と太陽を結ぶ線分が一定時間に掃く面積は惑星ごとに一定
  - 惑星の公転周期の2乗は軌道半径の3乗に比例

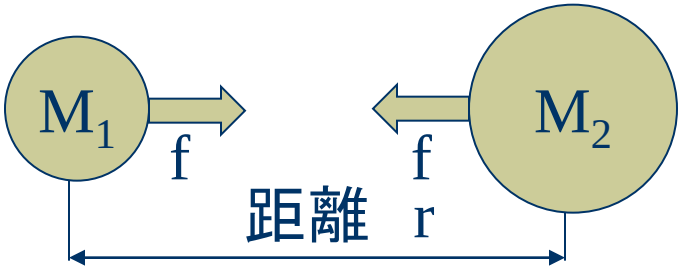




これらを説明するためニュートンは「万有引力の法則」を示した。

ニュートン「万有引力の法則」

- ケプラーの法則を説明するため、ニュートンは「万有引力の法則」を示した。
  - すべての物体は互いに引き合う。
  - その力の大きさは引き合う物体の質量の積に比例し、距離の２乗に反比例する。



$$f = G\frac{M_1 M_2}{r^2}$$

「対数」を使って、「重力モデル」のあてはまりを確認しよう

$$\text{交通量}_{ij} \propto \frac{\text{人口}_i \cdot \text{人口}_j}{\text{距離}^{\alpha}}$$

$$\frac{\text{交通量}_{ij}}{\text{人口}_j} \propto \text{人口}_i / \text{距離}^{\alpha} = \text{定数} \times \text{距離}^{-\alpha}$$

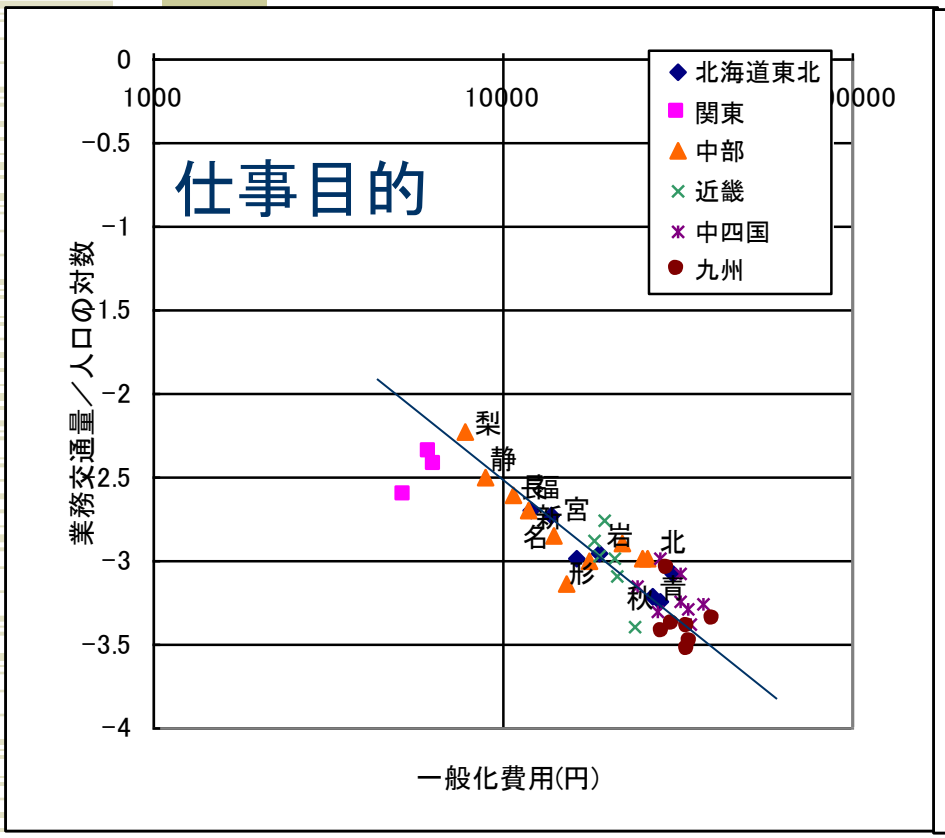
- **両辺の対数(log)をとると、一次関数になって**

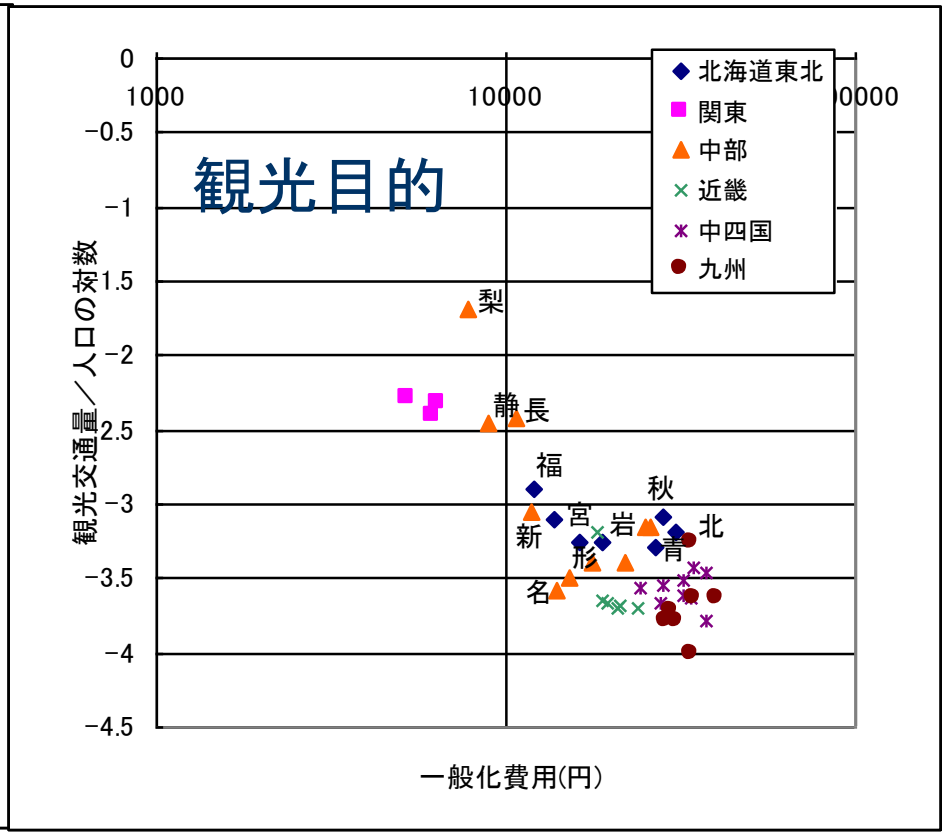
$$\log \frac{\text{交通量}_{ij}}{\text{人口}_j} = \log\text{定数} - \alpha \log\text{距離}$$

log所要時間、log運賃
log一般化費用
なども　試してみる。

時間と運賃を合わせたもの

東京都・他県間の
仕事・観光目的交通量(2005年)

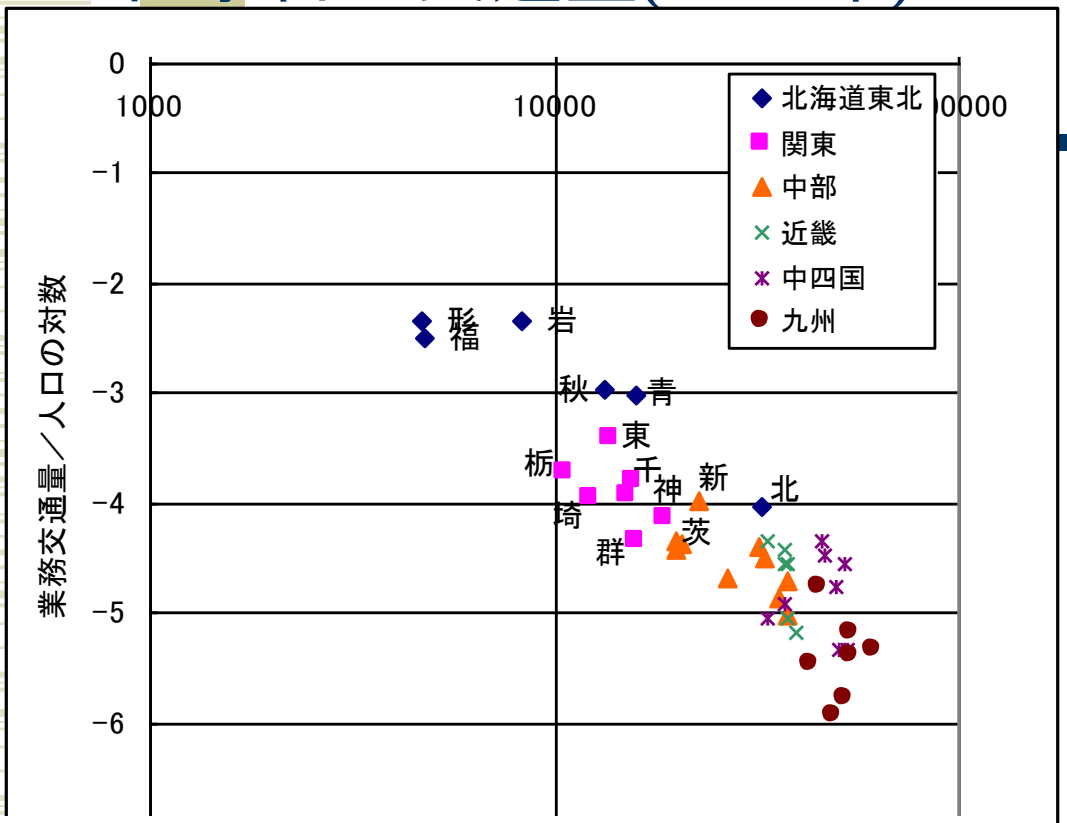




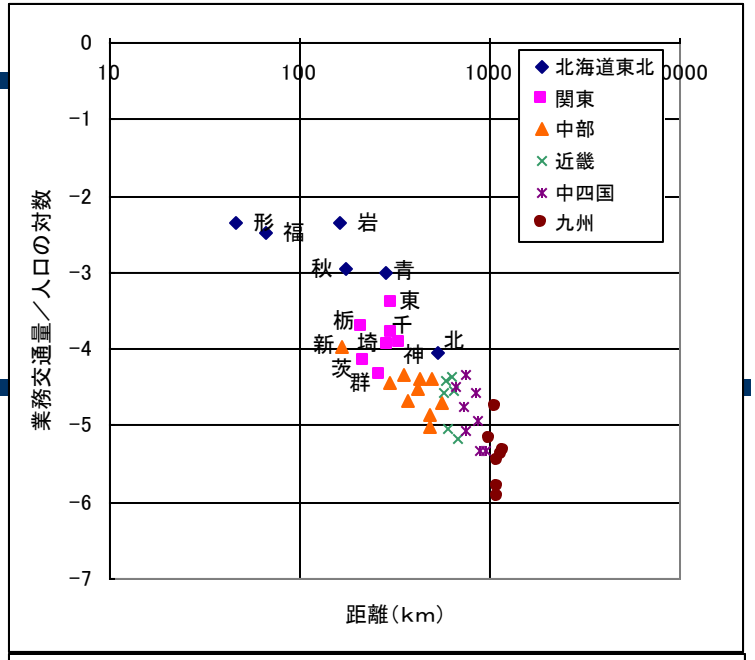
一般化費用（運賃＋時間×37円／分）

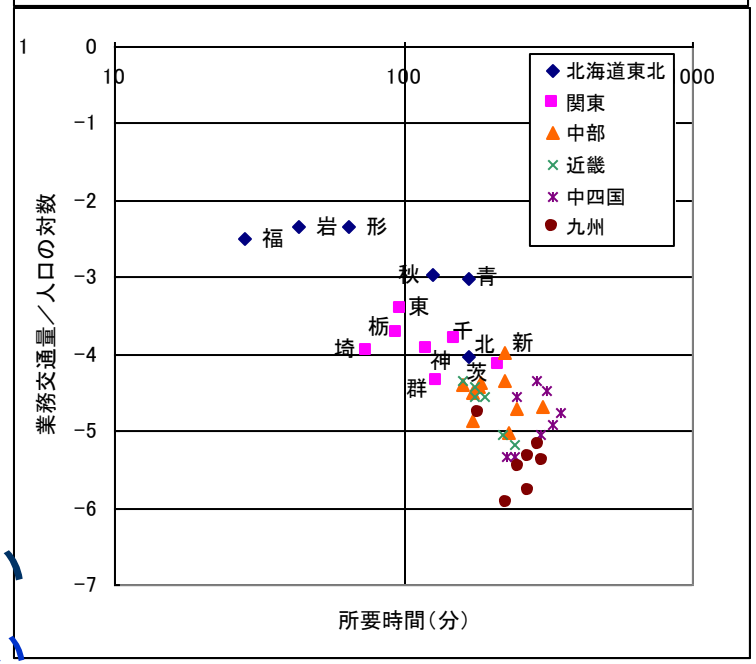
秋田・青森に比べ、
福島・宮城・山形が少ない

宮城県・他県間の仕事目的交通量(2005年)



一般化費用(運賃＋時間×37円／分)

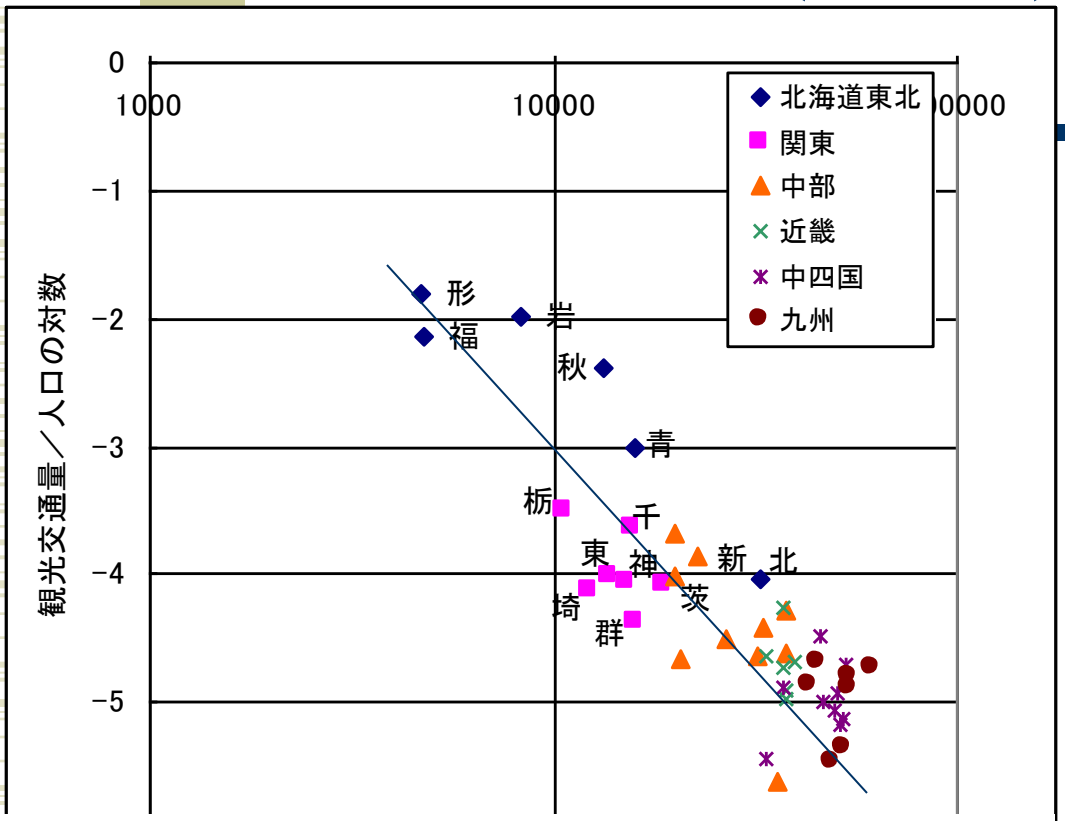


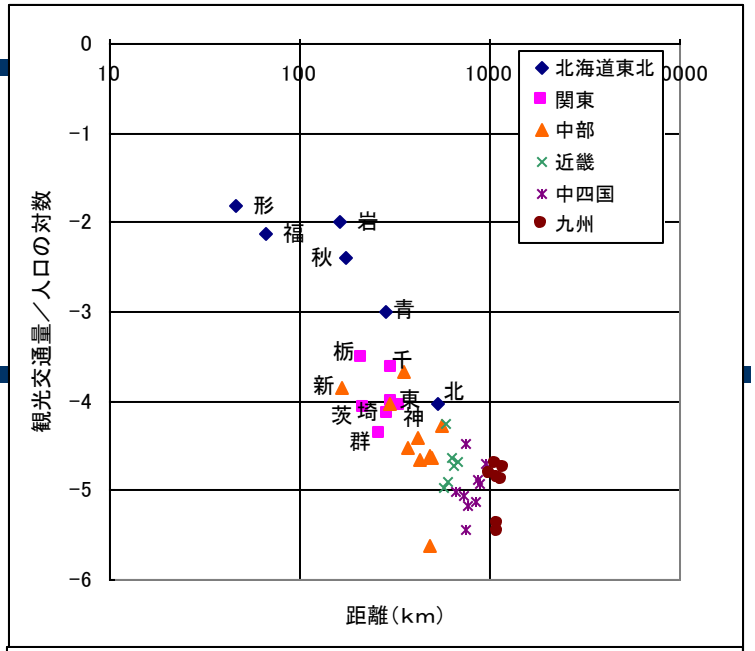


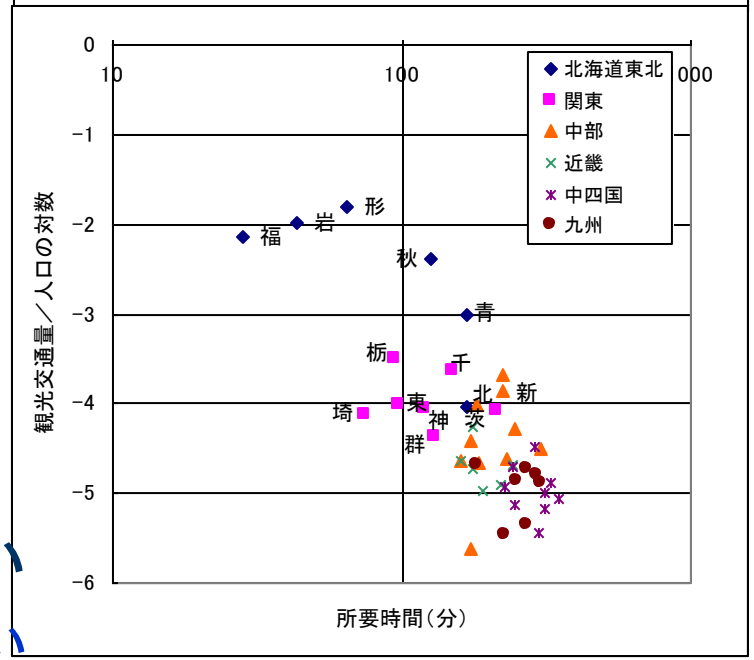
所要時間より一般化費用の影響が強い

→所要時間が短縮しても高ければ使わない

宮城県・他県間の観光目的交通量(2005年)





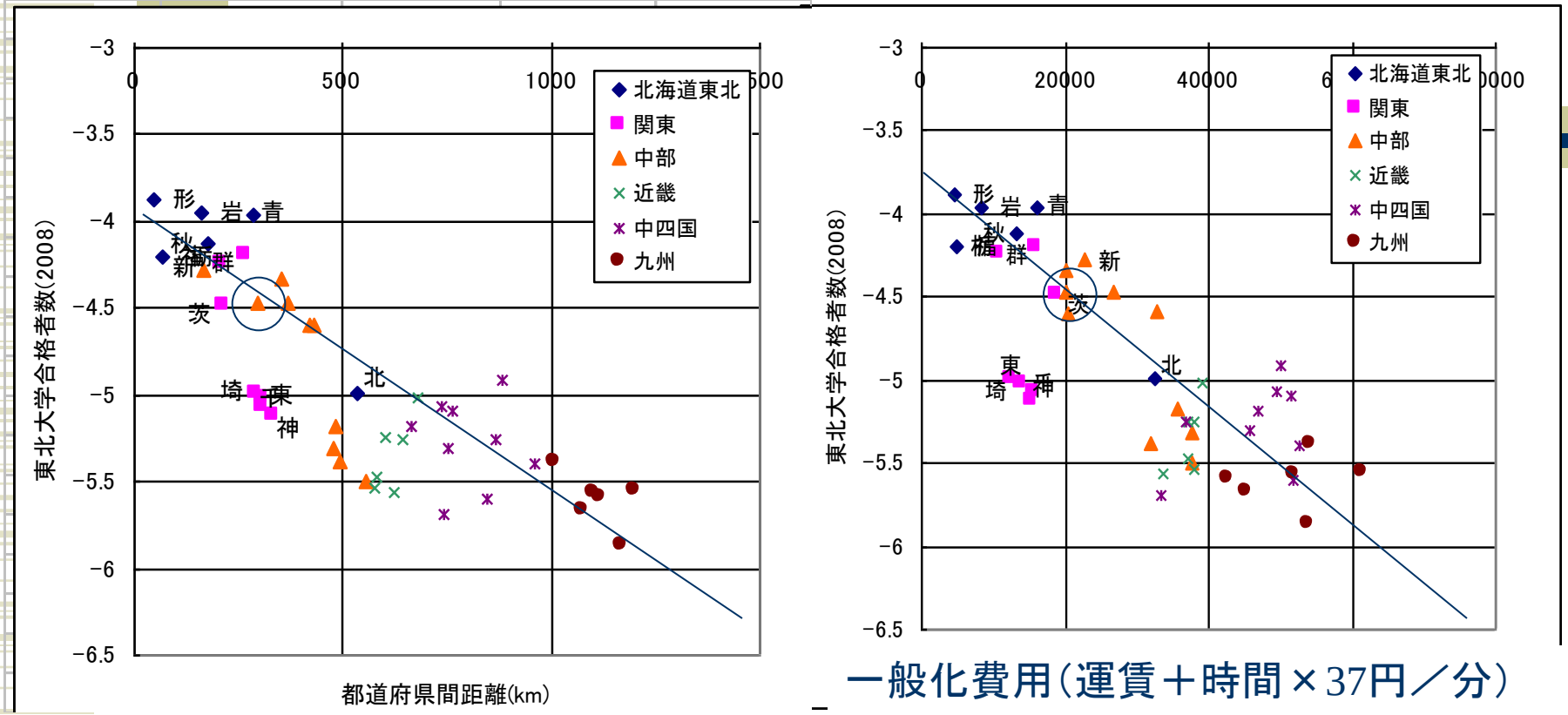


一般化費用（運賃＋時間×37円／分）

所要時間より一般化費用の影響が強い

→所要時間が短縮しても高ければ使わない

東北大学2008年合格者の分布



- 他の有力大学が集中する三大都市圏からは少ないが、ある程度重力モデルで説明できる。

交通/通信の重力モデル

表ー１　交通モデルの推定結

説明変数	推定値 90年	推定値 95年
交通コスト	-0.525**	-0.801**
	(4.28)	(8.29)
通信コスト	0.634 **	0.394 **
	(4.24)	(3.40)
組織のつながり	1.161 **	1.115 **
	(5.16)	(6.43)
中枢性（大）	1.445 **	0.155
	(5.69)	(0.87)
中枢性（小）	-0.071	0.103
	(0.25)	(0.54)
距離	-0.496	-0.213
	(4.87)**	(2.63)**
従業人口の積	1.135	1.208
	(27.67)**	(40.38)**
定数項	3.684	-0.877
	(1.93)	(0.63)
決定係数	0.743	0.821
サンプル数	990	990

表ー２　通話回数モデルの推定結

説明変数	89年	傾き		定数項	決定係数
交通コスト	-0.026	-0.014 **	89年	6.374 **	0.881
	(0.82)	(4.93)		(14.09)	
通信コスト	-0.374 **	-0.004	90年	6.302 **	0.876
	(24.82)	(1.68)		(14.45)	
組織のつながり	1.344 **	-0.002	91年	6.118 **	0.882
	(9.23)	(0.40)		(14.40)	
中枢性（大）	0.305 **	-0.045 **	92年	6.004 **	0.883
	(5.26)	(6.92)		(14.38)	
中枢性（小）	-0.184 **	0.058 **	93年	5.982 **	0.889
	(3.09)	(8.61)		(14.42)	
距離	-1.269 **	0.016 **	94年	5.978 **	0.891
	(34.72)	(7.01)		(14.38)	
従業人口積	1.163 **	0.002 **	95年	5.993 **	0.892
	(61.23)	(2.60)		(14.25)	
年度別定数項 右欄参照			96年	5.996 **	0.891
				(13.99)	
			97年	5.868 **	0.890
				(13.35)	
			98年	5.726 **	0.891
				(12.61)	
サンプル数	990				

交通/通信の重力モデル

- 非対称な影響関係が確認できた
- 通信コストが下がると
  - 交通が減り,通信は増える（代替が進む）
- 交通コストが下がると
  - 交通は増え通信も増える（交流が活発化）

交流と人間関係

- 業務の交流は人間関係のあるところに流れる
- 人間関係を使って仕事の目的を達成するための交通　　→　通信に置き換わる

- 人間関係を作ったり,修復するための交通

→　時間や場所を共有するのが一番
対面接触が有効・通信には置き換わりにくい

都市間の業務交通では

- 忙しい中で、本当に対面的接触でしかうまくいかないような業務のみが、交通として残るはず
  → 人間関係構築型の交通

- 不確実性が相手先にも波及する
  - 遅延予測・情報提供・外部通信手段の確保
- 移動時間を捨てることなく生かすサービス
  - 移動中の業務，移動中に人間関係が深まるか？

新しい人間関係構築の方法

- 通常は時間と空間を共有する（会う）
- 直接会わなくても、同郷／同窓がきっかけになる
- 同じ場所に対する認識／記憶の共有
  - ランドマーク
  - 歴史的空間
  - 共有できる風土
    - 私の講義の意義は･･･

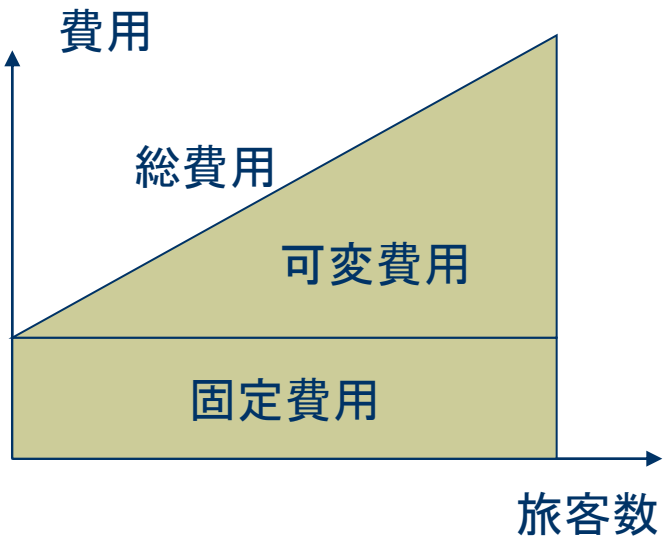
公共交通機関と私的な交通機関

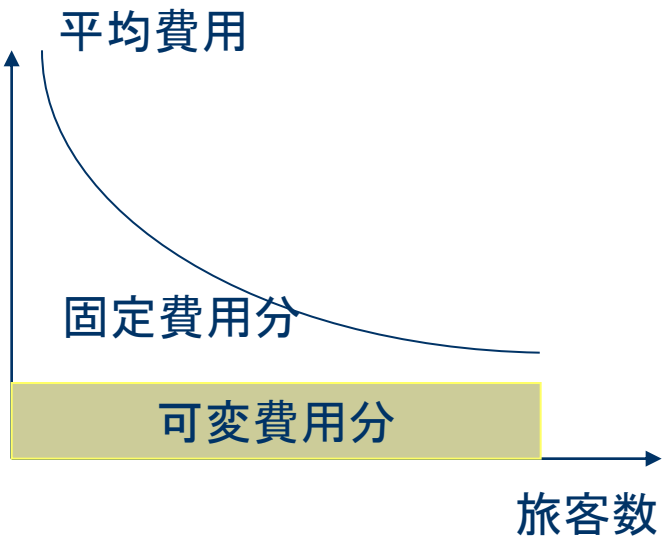
- 交通のための空間を私的に所有することは困難
- 誰もが使える交通のための空間＝道路

- 乗り物は私的に所有できる （自転車，マイカー）
- 高速で高性能な乗り物は，高価なため，私的な利用のために所有することは困難．操縦も困難．
- 1台の乗り物や操縦者の運転サービスを多くの人が使い，費用を分担する（公共交通機関）
- 乗り物の性能を発揮させるため，専用空間が必要

公共交通機関の特性

- 基本的な設備やVehicleの費用が大きい
  - 建設費：地下250億円／km、高架100億円／km
  - 鉄道車両：1両1億円
- 旅客が少なくても、必ず一定の固定費用がかかる





公共交通機関の特性

- 公共交通のよさは、利用人員が多いときに発揮できる。

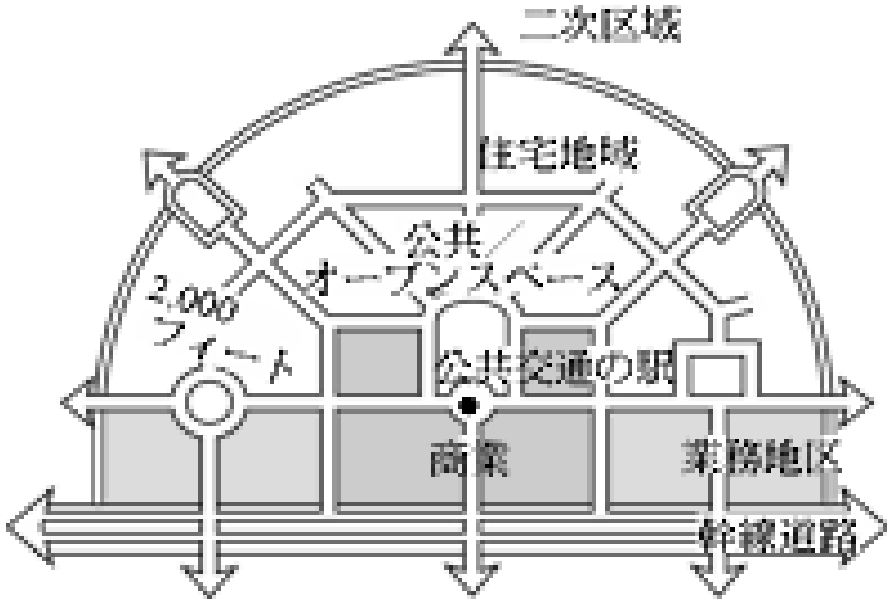
- 利用人数が少ないと、一人当たりの費用（平均費用）が高くなり、サービス水準が下がる
- その結果、自動車との競争に負け、さらに利用人数が減る

悪循環に陥る危険性がある

利用に見合った計画を立てることが重要である

P・カルソープ
「公共交通指向型開発」

- 公共交通を軸にした開発
- コンパクトシティーを指向



公共交通指向型都市開発

- TOD: Transit Oriented Development
- 公共交通路線の周囲に（のみ）、高密度な土地利用を許可
- 駅周辺に(病院学校等の)公共施設を配置
- 公共交通を支えるニーズ（需要）を確保する
- 公共交通に、優先的な通行権を与える

- 例　Curitiba市（人口１２５万人、ブラジル）

Major Cities

Sao Paulo	10.41 mil.
Rio de Janeiro	5.85
Salvador	2.44
Belo Horizonte	2.23
Fortaleza	2.14
Brasilia	2.04
Curutiba	1.59
Recife	1.42
Manaus	1.40
Porto Alegre	1.36
Belem	1.28
Goiania	1.09

IBGE(Year 2000)

Curitibaの都市計画図

Transit Oriented Development

CURITIBA
Rede Integrada de Transporte
ALMIRANTE TAMANDARÉ
CAMPO MAGRO
COLOMBO
PINHAIS
CAMPO LARGO
SÃO JOSÉ DOS PINHAIS
ARAUCÁRIA
FAZENDA RIO GRANDE
TERMINAL CACHOEIRA
TERMINAL MARACANÃ
TERMINAL BARREIRINHA
TERMINAL SANTA CANDIDA
TERMINAL BOA VISTA
TERMINAL SANTA FELICIDADE
TERMINAL CABRAL
TERMINAL BAIRRO ALTO
TERMINAL CAMPO COMPRIDO
TERMINAL CAMPO DO SIQUEIRA
TERMINAL CAMPO DA ARIA
TERMINAL AUTÓDROMO
TERMINAL OFICINAS
TERMINAL CENTENÁRIO
TERMINAL FAZENDINHA
TERMINAL BARÃO RASO
TERMINAL MAIER
TERMINAL CARIMO
TERMINAL BOQUEIRÃO
TERMINAL ANGÉLICA
TERMINAL FAZENDA RIO GRANDE
LEGENDA
CURITIBA
PARANÁ
URBS
COMEC

22 4:47 PM

幹線バス路線網

1974, 1977 1980　年に開業
70kmの路線があり、チューブ式バス停

チューブ式バス停

幹線路線上400m間隔

料金収集係が1名勤務

バス専用レーン

都心部のバス専用道路

バス逆行レーン

連接バス車両

- ３車体 : 南北幹線 (1992年から)270人
  (第3車体の車輪が逆ステアする)

共通運賃システム

- 運賃は最初のバスかチューブバス停入口で支払う. (R$1.25 = ¥75=US$0.60)
- チューブバス停や乗り換えターミナルでは自由に乗り換え可能
- 収集した料金は交通公社 URBSへ.
- URBS は、運行を請け負う民間企業に走行距離に基づき配分する
- URBS は各民間企業のパフォーマンスを測るため乗客の満足度調査を毎年実施

Curitibaのバスシステム

- Transit Oriented Development 政策
- 機能的なバス路線網
- バス専用レーン
- 連接バス車両 (3車体=270 人)
- バリア・フリー設計 (チューブバス停)
- 公共監視下での私営企業による運営

オール公共交通で自動車に対抗する

- これまでは、都市計画のひずみを、道路+自動車で補ってきた。
- 高齢社会、人口減少社会、環境重視社会では、車に頼る解決策は成立しない
- 公共交通指向型都市構造（Transit Oriented Development）への改変が必要
- 鉄道の最大の武器である「専用空間」を生かすことが必要

Kenworthy 持続可能な都市

- アメリカの自動車利用による郊外への低密度な市街地な拡大に対する反省
- 高密度な居住を推奨

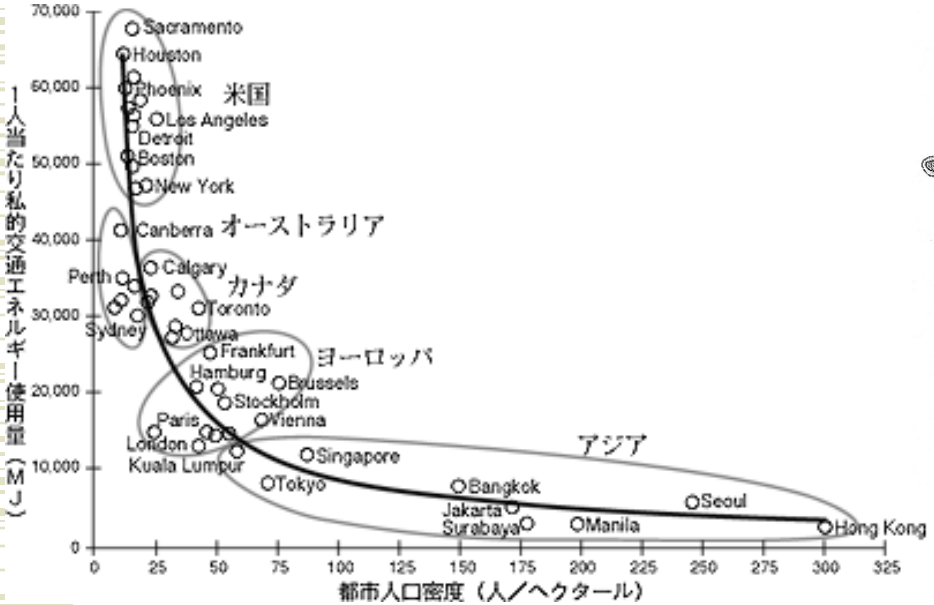
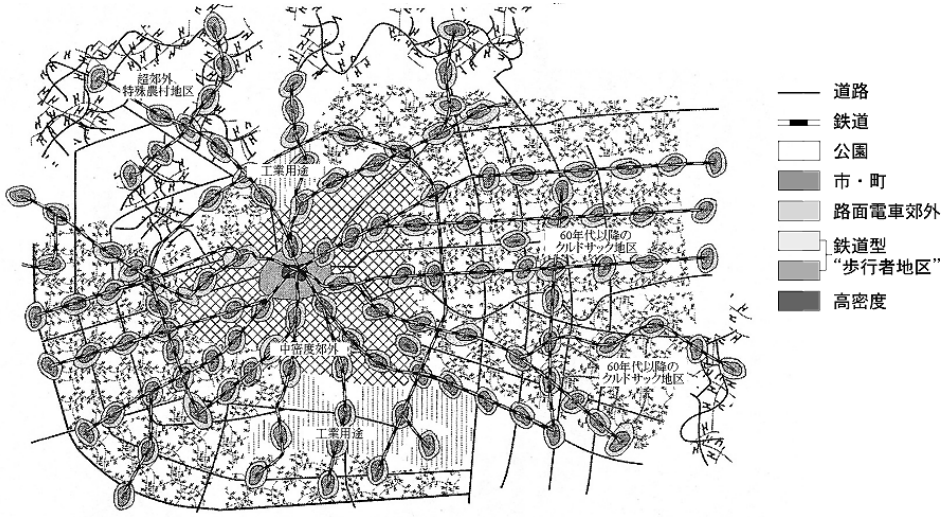


図１　世界主要都市における都市人口密度と１人当たり私的交通エネルギー使用量（1990年）

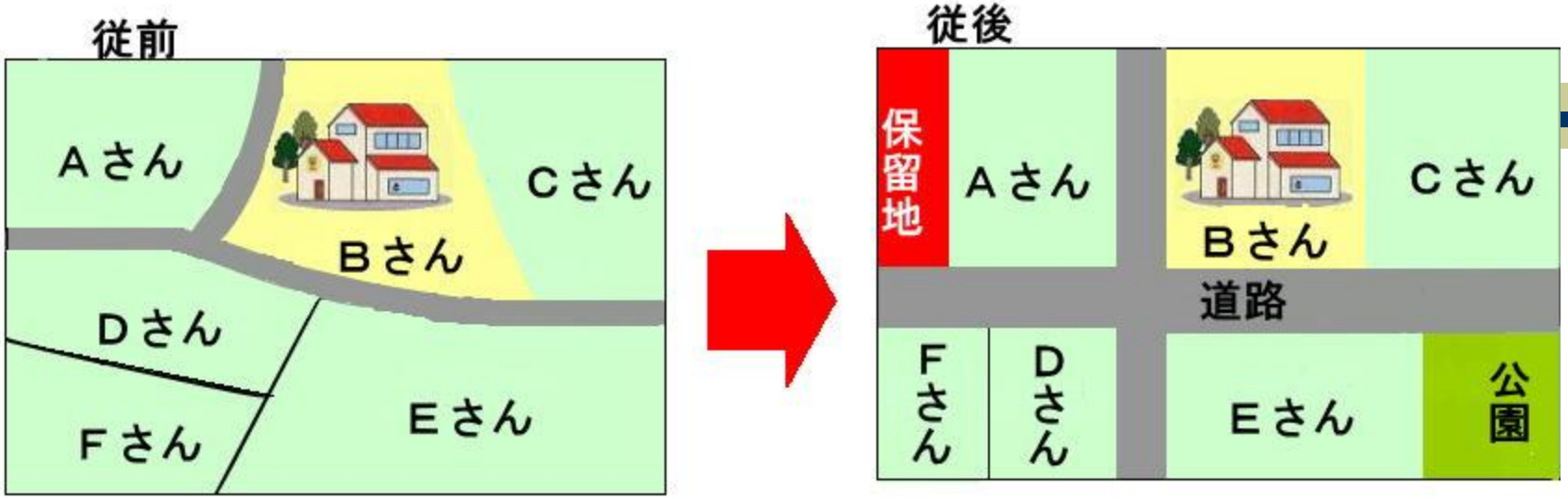


Kenworthy Neumann の未来型持続可能な都市（串と団子）

日本においてもTOD（公共交通指向型開発）は可能か？

- 公共交通が便利なところに施設や住宅地を集中させること
  - 大阪や東京の私鉄による開発（阪急・東急）
- 自動車でしか行けない所に大きな建物や多くの住宅の建築を認めないこと
  - 私有地の建築制限の制度が弱い
  - 逆に，土地区画整理事業による道路建設が，沿道の高度な土地利用を生み出してしまう.

土地区画整理事業のしくみ



- もとの土地の所有者が，少しずつ土地を出し合って（減歩），道路や公園などの公共施設を作る
- 各所有者の土地面積は小さくなるが，道路や公園が整備され，整形されるため，単価の上昇が期待できる．
- 面積×単価で見た土地の価値は，減少しない．
- 事業費は，保留地を外部に売ることによって捻出する．

土地区画整理事業が，沿道商業施設の進出の原因に

- 多くの自治体では，新しい計画道路のための土地を買うためのお金がない
- 土地区画整理事業の減歩によって，自治体のお金を使わずに道路のための用地を捻出
- 事業の建設費の調達のために，道路沿いの便利な場所を保留地にし，ロードサイドショップや大型量販店などに売ってしまう.
- 結果，（郊外の）道路沿いに店舗が立ち並んでしまう.
- 都市全体とすれば，商業地が拡散する