

4. 持続可能なコンパクトシティ実現のための都市総合評価手法の検討

A Study on Integrated Assessment Method for Urban Characteristics with Sustainable Compact City Development

肱岡靖明*, 原沢英夫*, 川合史朗**, 三岡裕介**, 中尾理恵子**

Yasuaki HIJIOKA, Hideo HARASAWA, Shiro KAWAI, Yusuke MITSUOKA, Eriko NAKAO

ABSTRACT; The objectives of this study are as follows: 1) Investigating past research methodologies for evaluating various city functions and its activities on sustainable city development, and examining innovative viewpoints of city evaluation considering concepts of compact city as a sustainable one. 2) Constructing a city profile database, developing comprehensive framework for city evaluation considering environmental aspects and compactness, and examining advantage of compact city characteristics and possibilities of achievement on macro perspective integrating social, economical and environmental index. 3) Investigating city characteristics transition from developing to developed country on macro perspective index. The preliminary regression analysis on city compactness using statistical data showed the results as follows: 1) In order to establish comfortable life environment, economic growth is necessary to some extent. 2) In order to establish sustainable city focused on energy use, it is necessary to restrict total city population. 3) In order to reduce air pollutant and alleviant severe traffic condition, high density is necessary to some extent but excess high density leads rapid increase of pollutant load and serious traffic condition. In addition to above socio-economic analysis, we examined spatial city density transition from developing to developed countries and derived the possibilities of comprehensive city evaluation including socio-economic, environmental and spatial density index.

KEYWORDS; Compact city, Sustainable city development, City profile database

1. はじめに

世界人口の45%, 約26億人が都市に集中して居住しており, 先進国, 途上国の差なく, 車の増大による交通渋滞や大気汚染, また近年ではエネルギーの集中利用によるヒートアイランド現象の発生や, 二酸化炭素の大量排出など温暖化の原因ともなっている。このように多くの問題を抱える都市の過去からの経緯と現状を考慮し, 将来のあるべき都市像を検討するために, 都市総合評価の枠組み策定が求められている。

本研究では, 都市総合評価を行うための全体的な枠組みを構築するために, 都市の環境保全や温暖化対策を行う際に重要なエネルギー利用や汚濁負荷排出量に着目した評価方法を考案して, 持続可能な都市の一つとしてコンパクトシティを位置づけるための基礎的検討を行う。具体的には, 従来, 国内外で進められてきた都市評価手法を, 指標を中心に調査するとともに, 発展途上国と先進国の都市の有する問題について整理する。さらに, 都市の環境面も考慮した総合評価の枠組みを提示するために, 現段階で入手可能な都市データを収集して都市データベースを構築し, それらのデータを用いた都市の予備的評価を行う。

本研究の目的を以下に示す。

- ① 人口や人間活動が集中する都市の持続可能な発展のあり方について既存の知見を調査するとともに, 都市評価の視点を明らかにする。
- ② 環境面も考慮した都市の総合評価の枠組みを構築し, 環境指標によるマクロな視点で, 持続可能性なコンパクトシティの特徴, 利点, 実現可能性について検討する。
- ③ 途上国と先進国の都市の有する特性を都市変遷の視点から整理し, マクロな指標により評価する。

*独立行政法人国立環境研究所 National Institute for Environmental Studies

** 株式会社創建 SOKEN, INC.

2. 都市問題

2.1 先進国および途上国における都市問題

都市の環境面を重視した評価については、古くは OECD の都市環境指標に代表される解析が行われてきた。これらの調査研究をもとに、現在の先進国および途上国の都市の抱える問題点について経済・社会・環境面から整理した（表-1）。

2.2 都市総合評価の歴史

都市の評価については従来多くの調査研究がなされてきた。日本においても、大都市や地方中小都市についての環境指標による評価が行われてきた。また、Pressure—State—Response(PSR)という指標体系が国際的な指標構築の方法論として提案されてから、この流れに沿った指標作りも盛んに行われている。さらに、地球環境問題の深刻化に伴い、持続可能な発展を目指した指標や経済と環境を両方考慮した指標の提案など、現在、指標に関する知見は多い。これらの中から、都市の総合評価の枠組みを構築するのに有用な考え方を整理し表-2 に示す。従来の評価枠組み（経済・社会・環境）に加え、コンパクト性の検討も行われている。例えば、建築学会の超々高層ビルのフィージビリティスタディや高層ビルの上下水、廃棄物も含めた効率性の検討なども行われている（日本建築学会、

2000）。また、都市の環境問題が深刻になるにつれ、都市空間の快適性（アメニティ）についての検討も行われてきた。ここで述べるアメニティとは心地よさという意味から転じて、快適な生活環境・空間を表す人間的な住みやすさの概念である。1977 年の OECD 環境部会報告では、日本の環境政策の分析が行われ、汚染防止、有害物質の規制などの健康保護だけでなく、広い意味の「生活の質」や「快適さ」などのアメニティを今後重視する必要があることが指摘され、アメニティに対する議論が活発に行われるようになった。

2.3 コンパクト性を考慮した都市評価

従来の都市の評価に関わる調査及び研究より、評価軸として、①経済的機能、②社会的機能、③環境的機能を取り上げるとともに、これらの評価軸（機能）に本研究の目的である④都市のコンパクト性との関連を示したのが図-1 である。

①経済については、例えば、GRP（Gross Regional Product）、居住者の収入、都市財政（歳入、歳出）など

表-1 都市問題（経済，社会，環境面）

視点	先進国	途上国
経済	情報、金融機能の集中	絶対的貧困
社会	人口の安定化、高齢化、少子化 ドーナツ化現象（都市の空洞化）、都心回帰 都市渋滞（モータリゼーション） 一人当たりの公園面積の減少 犯罪の多様化	人口増加 都市への人口移動、スラムの発生 交通インフラの欠如、慢性的な渋滞 水不足、衛生設備の欠如 凶悪犯罪の多発
環境	大気汚染（NOx, SPM, 光化学スモッグ） 都市内緑地減少、水路の暗渠化 ヒートアイランド、温暖化の促進 CO ₂ 排出量の増加、エネルギー使用量の増加 都市内浸水の増加	大気汚染（SOx, NOx, SPM, 光化学スモッグ） 緑と自然環境の喪失 大気・土壌・水質汚染、騒音 上水、下水インフラの欠如 海面上昇、洪水の増加

表-2 都市総合評価の指標（群）

名称	主体	評価	指標	備考
都市環境指標 (1979)	OECD	住居、サービス・雇用、環境・汚染、社会・文化	生活の質を計る広義の環境指標	社会指標から派生した指標
世界都市指標プログラム(1998)	国連人間居住センター(HABITAT)	都市の持続可能性の評価	30 の定量的指標と 9 の定性的指標	
都市監査	欧州連合 (EU)	都市の持続可能な発展の進捗度を計測	5 分野 33 指標	山下 (2001)
持続可能性指標事業	英国都市自治体	都市の持続可能性の計測		
都市フットプリント	香港、東京、トロント	エネルギー、水、食糧、資源、都市土地利用を必要土地面積に換算し合計	都市を環境と経済の視点から総合評価する指標	東京、香港などで試算されている
環境持続可能性指標	世界経済フォーラム	環境政策の進捗状況を相互比較（国）	22 のコア指標（67 変数から構成）	
世界の大都市 2000	東京都 (30 都市)	都市活動、都市経営の多面的評価	都市の社会、経済、経営、財政等に関わる指標	東京都 (2000)

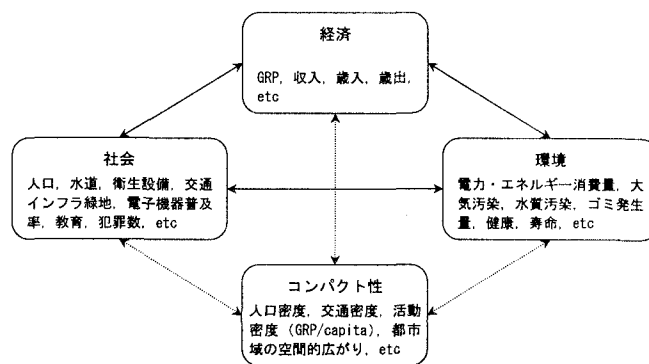


図-1 都市の総合評価の枠組み

表-3 都市データベース構築のデータ情報源情報例

Data Source	Data periods or Published date	URL
World Resources 2002-2004	1950-2050	http://pubs.wri.org/pubs_description.cfm?PubID=3764
World Development Indicators 2003	1960-2001	http://www.worldbank.org/data/wdi2003/index.htm
Global Urban Indicators Database (GUID1)	1996	
Global Urban Indicators Database (GUID2)	1993, 1998	http://www.unchs.org/guo/gui/index.html
The UNCHS-CitiBase	1997	http://www.unchs.org/habrdd/citbasdl.htm
Human Settlements Statistics Database (HSDB)	1996	http://www.unchs.org/habrdd/hsdb4dl.htm
World Cities Population Database	1987	http://www.grid.unep.ch/data/grid/gnv29.php
United Nations Statistics Division, Demographic Yearbook(1995, Table8): Capital cities and cities of 100,000 and more inhabitants	1995	http://www.un.org/Depts/unsd/demog/index.html
ESRI-WORLD-CITIES	1994	http://tdr.tug-libraries.on.ca/GIS_SITE/ESRI/esri_worldcit.htm
World Population Prospects: The 2000 Revision	1950-2050	http://esa.un.org/unpp/
World Urbanization Prospects: The 1999 Revision	1950-2015	http://www.un.org/esa/population/publications/wup1999/
Women's Indicators and Statistics Database	1970-1997	http://www.un.org/Pubs/whatsnew/e00013.htm
Statistical Yearbook (Vol. 45)	1980-2000	http://www.un.org/Pubs
OECD Statistical Compendium 2001	1960-1999	http://www.statistischesdaten.de/flyer/oecd0203.pdf
The Urban Audit	2000	http://europa.eu.int/comm/regional_policy/urban2/urban/audit/index.html
Key Indicators of Developing Asian and Pacific Countries 2001, Volume 32	1980-2000	http://www.adb.org/Documents/Books/Key_Indicators/2001/default.asp
Cities Data Book: Urban Indicators for Managing Cities	1998	http://www.citiesdatabook.org/
International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities 1960-1990	1960-1990	
Asian Development Outlook 2001	1998-2002	http://www.adb.org/Documents/Books/ADO/2001/default.asp
World City Profiles 2000	2000	

の項目により代表される。②社会については、上下水道をはじめとした衛生施設・交通インフラ・教育や犯罪の発生率などの項目で表すことができる。③環境については、電力・エネルギー消費量、CO₂ 排出量、水質汚染、大気汚染、ゴミ発生量などが項目として挙げられる。これらの3つの側面が相互に機能し活気ある都市を構成していると同時に、都市問題をも引きおこしている。そこで、経済、社会、環境面において、人口密度、交通密度などの活動密度を軸に都市のコンパクト性を総合的に評価する仕組みが、本研究で提示する都市の総合評価の基本的な枠組みである。さらに、これらの都市総合評価の枠組みに沿った指標群を用いて、先進国、途上国の都市の全体像を明らかにすべく、指標間の関係性に注目して分析を行い、先進国と途上国の都市の差異を総合的に明らかにすることが本研究の最終目標である。

2.4 都市および国別データベースの構築

上記の都市の総合評価の枠組みに基づいて、国内外の都市を評価するために収集した都市および国別データの一覧を表-3に示す。都市データは国別データに比べると非常に少ない。本研究では、社会・経済データに HABITAT、大気汚染データに World Development Indicators 2002、交通に関するデータに International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities 1960-1990（以下、ISADC）を主に利用して解析を行った。

3. 指標による都市の環境評価

3.1 都市の規模拡大による環境影響評価

各都市の上水道普及率、下水道普及率、5歳児以下死亡率、平均寿命、電力消費量、大気浮遊物質（TSP）、交通関係指標（通勤時間）と人口、GRPとの関係を図-2に示す。上水道普及率、下水道普及率、5歳児以下死亡率・平均寿命に関しては、都市人口増加に比べ、経済力（GRP）が増すことで、より明らかな改善効果が見られる。具体的には、GRPが15億US\$/年を越えると、上水道・下水道共に普及率が約8割を越える。同様に、5歳児以下死亡率もGRPが10億US\$/年を越えると、Ankara (0.042)、Rio de Janeiro (0.040)、Bangkok (0.033)を除き、約0.02以下に収束している。平均寿命は、GRPが15億US\$/年以下では大きな幅があるものの（男性：約50～80歳、女性：約50～85歳）、GRPが15億US\$以上では男女ともに安定した値（男性：約62～75歳、女性：約73～83歳）を示している。平均寿命は、生活環境、自然環境、食生活、文化など様々な要素が影響しているが、経済力が増すことにより、衛生・医療設備の充実、栄養状態の改善など、生活の

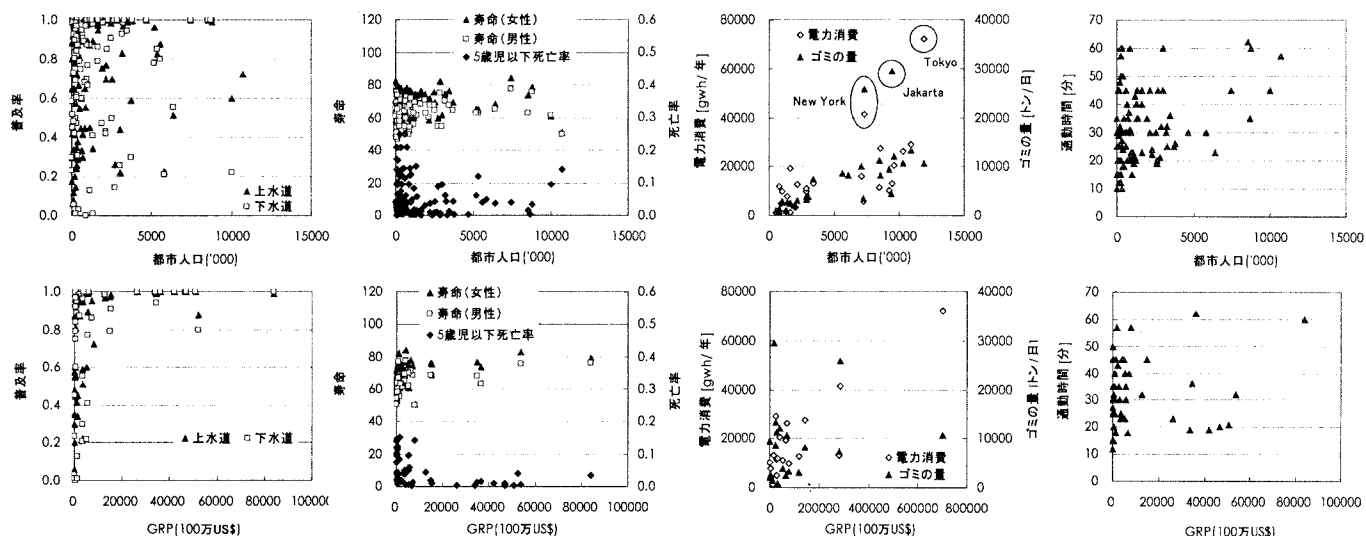


図-2 都市規模と社会・環境項目との関係

質が向上し、平均寿命の伸びと安定に影響していると推察される。

電力消費量は、GRP に比べ都市人口増加に比例し、特に約 7 百万人を超えると、New York や Tokyo では急激に増大している。また、ゴミの量もばらつきがあるものの、電力消費量と同様に都市人口に比例して増加しており、都市人口が約 750 万人を超えると New York や Jakarta では急激に増大している。これらの結果より電力消費量と CO₂ 排出量が比例的に増加することも考慮すると、持続可能な都市の達成には、都市人口をある一定人口以下に制限する必要があると考えられる。

一方、TSP 濃度と人口、GRP との関係をみるといずれも大きなばらつきがあり、人口や GRP の増加に伴う特徴的な傾向は見られない。これは、通勤時間と人口、GRP との関係も同様であり、このような環境指標や交通指標は、都市の規模（人口、GRP）だけではその特性を表すことが出来ないことが示された。

以上より、①快適な生活環境の実現（上下水道の普及、5 歳児以下死亡率の低下、平均寿命の上昇）には、一定以上の経済力（GRP10～15 億 US\$/年）が必要であり、②エネルギーおよびゴミ排出量の急激な増加を抑えるためには、総人口をある一定以下に制限する必要がある、③大気環境、交通事情の悪化は、GRP や人口だけでは説明できないという結果が導かれた。

3.2 都市コンパクト性の検討

図-2 の結果より、都市の環境特性を評価するには、その規模（人口、GRP）だけでは不十分であることが示された。そこで、都市のコンパクト性（人口密度、活動密度、交通密度）が環境影響を評価する上で重要な因子であると仮定し、さらなる比較検討を行った。

大気汚染濃度（TSP、SO_x、NO_x）と都市密度（人口密度、一人当たりの都市 GRP：GRP/人）の関係を図-3 に示す。GRP/人と大気汚染の関係では、GRP/人の増加に比例して TSP 濃度は減少する傾向が見られる。一方、SO_x、NO_x 濃度は GRP/人が約 1 万～2 万 US\$/人でピーク値を示す。人口密度と大気汚染の関係では、Delhi、Cairo を除くと、ばらつきは大きいものの人口密度の増加に伴いある一定濃度に収束する傾向（TSP：200 μg/m³、SO_x：25 μg/m³、NO_x：40 μg/m³）が見られる。以上の結果より、①都市の経済発展に伴い環境悪化が進むが、経済密度がある程度に達すると環境保全（工場や自動車からの排気ガス対策等）活動が進み、汚染物質の排出量が減少する、②人口密度の増加により汚染物質の排出量が抑えられる都市形態が構築されていくという推測が導かれる。

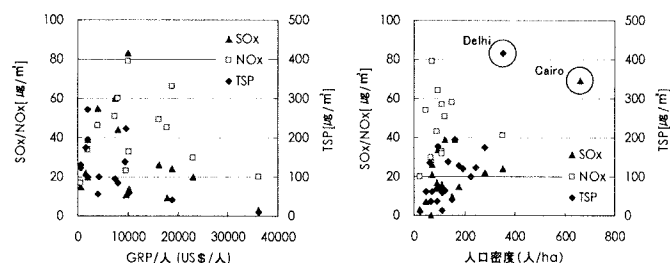


図-3 都市汚染濃度と都市密度との関係

次に、交通関連指標と都市密度との関係について検討した(図-4)。通勤時間、通勤距離と人口密度の関係に着目すると、人口密度が約 200 人/ha 以下では、人口密度の増加に伴い通勤距離は短くなる傾向があるが、通勤時間は逆に増加する。人口密度が約 200 人/ha を越えると、通勤距離、通勤時間ともに増加する傾向を示す。通勤時間の増加は、通勤距離の拡大と公共交通利用の増加に伴う平均時速の低下で説明されるが、人口密度が約 200 人/ha を越えると通勤距離もなだらかに増加する傾向は、人口密度増加に伴う土地価格の沸騰や居住施設の不足により、都市郊外への居住地移動(都市の拡大)などが原因と考えられる。

さらに、交通に関連するエネルギー量、排出ガス量と都市密度との関係も検討した。GRP/人、人口密度と CO₂、SO_x、NO_x、CO の排出量との関係を図-5 に示す。CO₂、SO_x は約 3 万 US\$/人付近にピークとなり、その後低減の傾向が見られる。NO_x、CO は CO₂、SO_x ほど明確ではないが、GRP/人が 2.5 万 US\$/人付近にピークとなり、その後改善の傾向が見られる。これは、前述の大気汚染の結果を裏付けるものであり、都市が経済的に発展し成熟すること、すなわち、都市の高密度化が進むことで環境面の負荷を低減できる可能を示唆している。しかしながら、図-5 に示すように都市の集中にも限度がある。人口密度と交通由来の汚染物質排出量をみると、100 人/ha の密度までは、汚染物質排出量は減少傾向にあるが、100 人/ha を超えると徐々にではあるが排出量が増加傾向を示している。

図 3~5 の結果より、快適な大気環境や交通事情の実現にはある一定の高密度化が必要とされるが、過度の集中は負荷の増大を導く結果が示された。

3.3 都市形態および人口密度の空間的変遷の検討

人口等の都市集中の実態およびその歴史的変遷を把握することは、持続可能なコンパクトシティ実現にとって重要である。日本では国勢調査において人口集中地区(DID: Densely Inhabited District)を判定し、それに基づく人口を集計している。本研究では、途上国から先進国へと、都市形態とその密度の変遷を検討するために、ISADC の都市構造: Outer City (Outer Area の境界域を境にした都市域全体, Inner City および CBD を含む), Inner City (Inner Area の境界域を境にした都市中心部, CBD を含む), Center Business District (CBD: 都市活動の中心部)を用いて、各都市域の面積を円と仮定した場合の直径で表し、合わせて人口密度をプロットすることにより表現した(図-6)。オーストラリアの各都市は Outer City が年々広がり、1990 年では人口密度が Outer City: 10~20 人/ha, Inner City: 19~39 人/ha, CBD: 10~21 人/ha 程度と、先進国に多く見られる自動車指向の都市の典型である。この傾向は、巨大都市 New York や San Francisco を除くアメリカでも同様に見られる。ヨーロッパでは、年と共に人口密度は低下しているものの、1990 年の人口密度は Outer City: 29~75 人/ha, Inner City: 54~97 人/ha, CBD: 50~180 人/ha 程度と、オーストラリアやアメリカと比べ、高い人口密度を保っている。また、Outer City の広がり度合いがオーストラリアやアメリカと比べ小さく、都市の規模や人口の急激な変化がない。一方、アジアでは、発展途上都市である Kuala Lumpur と Manila が拡大

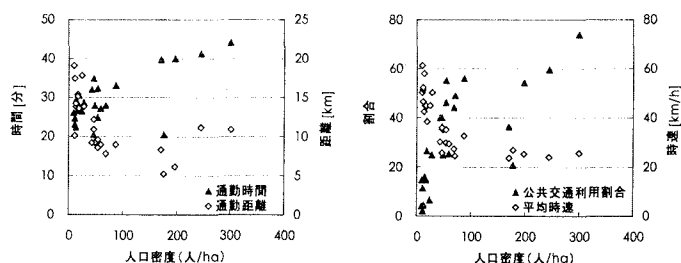


図-4 通勤時間、通勤距離、自動車交通割合、平均時速と人口密度との関係

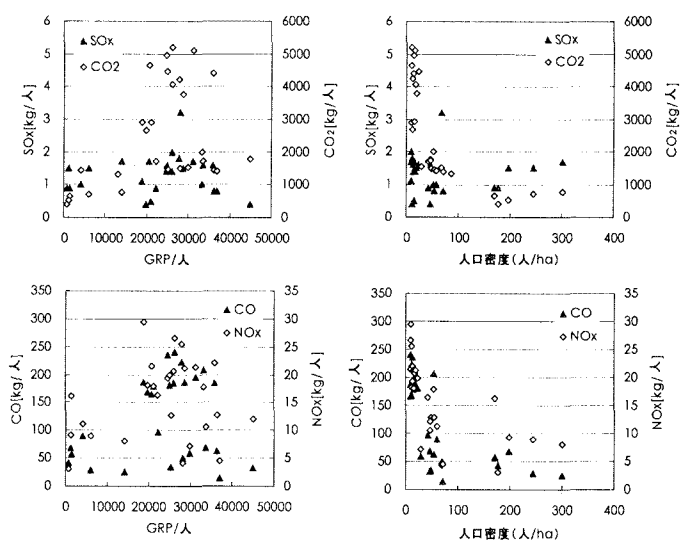


図-5 交通由来の汚濁物質排出量と都市密度との関係

成長を示している。先進都市である Singapore, Tokyo, Hong Kong は非常に高い人口密度を示しながらも、次第にその密度が減少する傾向を示している。このように、対象とした都市群は、年代ごとに形態、人口密度が明らかに変化（遷移）しており、この空間的な遷移と経済、社会、環境指標との関係を検討することにより、持続可能なコンパクトシティ実現のための都市総合評価が可能になると考えられる。

4. まとめ

都市を経済、社会、環境、およびコンパクト性で総合評価する枠組みを提案し、都市データベースを用いて、都市の規模（人口、GRP）やコンパクト性（人口密度）と都市環境の関係をマクロ的に検討した。結果、都市環境は、規模、密度を総合して評価する必要性があり、コンパクトシティが持続可能な都市の一つとして位置づけられる知見が得られた。今後は本論文で得られた結果をもとに、都市環境を表す複数の指標を同軸において評価可能な都市総合評価手法の開発を進めていく予定である。

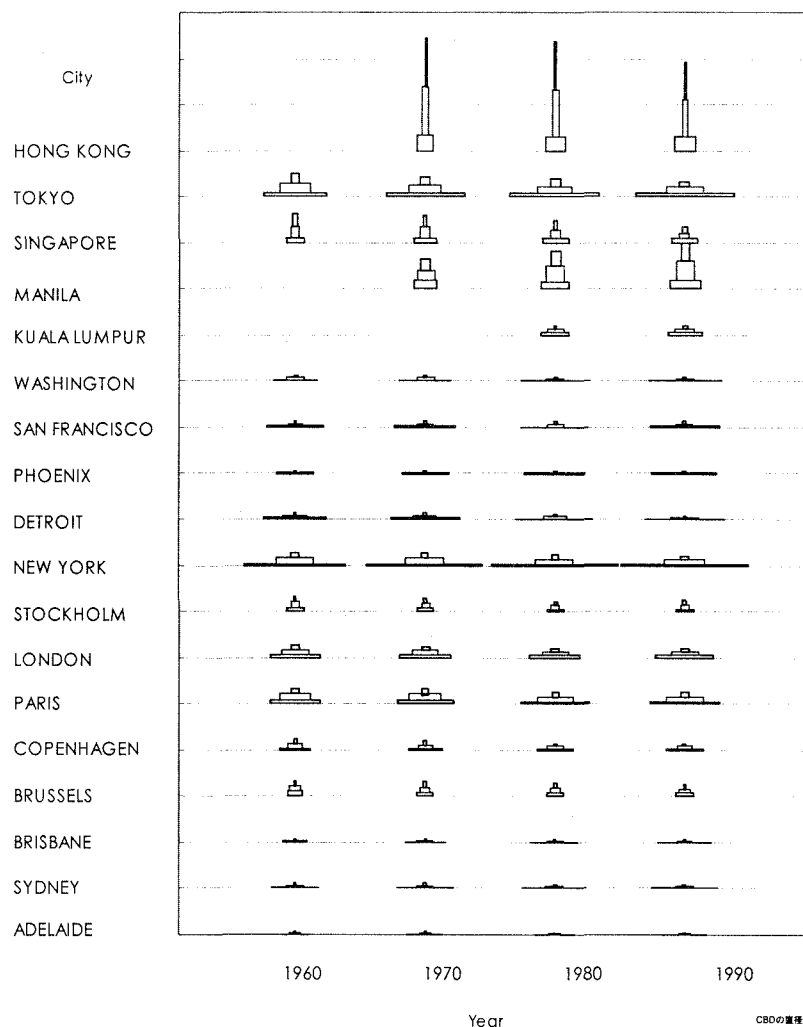
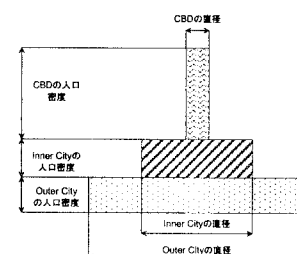


図-6 都市形態および人口密度の空間的変遷



5. 参考文献

- ・日本建築学会・超々高層特別研究委員会（2000）：特別研究 19 超々高層のフイージビリティ II, 343pp.
- ・山下潤（2001）：欧州における都市持続可能性指標の利用に関する展望，長崎大学総合環境研究，Vol.3, 1-11.
- ・東京都（2000）：世界の大都市 2000，東京都.
- ・森田恒幸（1993）：高密度都市を国土の分散させよう，環境調和型都市，エッソ石油株式会社，28-33.
- ・Jeffrey, R.K. and Felix, B.L. (1999) : An International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities 1960-1990, the University Press of Colorado, 704pp.